



ANALISIS SCANNING SETTING PROTEKSI DISTANCE RELAY PADA PENGHANTAR 150 kV GARDU INDUK GARUDA SAKTI KE GARDU INDUK BALAI PUNGUT

TUGAS AKHIR

Dijukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh:

NADHIRA BENEDICTA

11755201245

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Sus

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS *SCANNING SETTING* PROTEKSI *DISTANCE RELAY* PADA PENGHANTAR 150 kV GARDU INDUK GARUDA SAKTI KE GARDU INDUK BALAI PUNGUT

TUGAS AKHIR

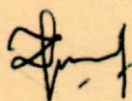
oleh:

NADHIRA BENEDICTA

11755201245

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 09 Agustus 2021

Ketua Program Studi



Digitally signed
by Zulfatri Aini
Tanggal:
2021.08.09
17:31:34 WIB

Dr. Zulfatri Aini, ST., MT.
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing



Digitally
signed by
Liliana
Tanggal:
2021.08.09
18:45:03 WIB

Dr. Liliana, ST, M.Eng
NIP. 19781012 200312 2 004

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS SCANNING SETTING PROTEKSI DISTANCE RELAY PADA PENGHANTAR 150 kV GARDU INDUK GARUDA SAKTI KE GARDU INDUK BALAI PUNGUT

TUGAS AKHIR

oleh:

NADHIRA BENEDICTA

11755201245

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 08 Juli 2021

Pekanbaru, 09 Agustus 2021

Mengesahkan,

Ketua Program Studi

Digitally signed
by Zulfatri Aini
Tanggal:
2021.08.09
17:30:05 WIB

Dr. Zulfatri Aini, ST., MT
NIP. 19721021 200604 2 001



Dr. Drs. Hartono, B.A., M.Pd
NIP. 19640301 199203 1 003

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom

Sekretaris : Dr. Liliana, ST., M.Eng

Penguji I : Dr. Zulfatri Aini, ST., MT

Penguji II : Susi Afriani ST., MT

Digitally signed
by Ewi Ismaredah
Tanggal:
2021.08.10
10:15:37 WIB

Digitally signed
by Zulfatri Aini
Tanggal:
2021.08.09
17:30:27 WIB

Digitally signed
by Liliana
Tanggal:
2021.08.09
16:41:13 WIB

Digitally signed
by Susi Afriani
Tanggal:
2021.08.10
10:08:48 WIB



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. Dilarang mengutipkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 08 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

NADHIRA BENEDCTA

NIM. 11755201245

UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERSEMBAHAN



Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Rabbmu lah hendaknya kamu berharap”.

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Alhamdulillahirobbil'alamin....

Terima kasih ku ucapkan kepada mu ya Allah tuhan semesta alam, sujud syukur ku sembahkan kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir mu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahkan hasil berupa desain dan karya tulis yang menghantarkan ku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

“Bukankah Dia (Allah) yang memperkenankan (do'a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu

(manusia) sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat”.

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Teruntuk...

Kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas kesabaran mu selama ini, terima kasih atas doa, semangat, motivasi, lidah, dan mulut yang tak pernah lelah menasehati ku walau terkadang nasehat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah ananda lakukan sehingga membuat hati Ayah dan Ibu terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan, sebagai bentuk rasa terima kasihku walau kasih dan sayang mu tak akan pernah bisa tergantikan semoga pahala dan rezeki selalu dilimpahkan oleh Allah ﷻ kepada Ayah dan Ibu.

“Jangan pernah takut, ragu, malas untuk melakukan sesuatu hal yang benar, karena sesuatu hal yang didasari dengan niat baik maka akan menghasilkan sesuatu yang baik pula. Jangan berputus asa dan lari dari setiap masalah yang datang hadapilah dengan segenap kekuatan yang ada dan iringi setiap perjuangan dengan do 'a niscaya Allah memberikan jalan yang terbaik”



ANALISIS *SCANNING SETTING* PROTEKSI *DISTANCE RELAY* PADA PENGHANTAR 150 kV GARDU INDUK GARUDA SAKTI KE GARDU INDUK BALAI PUNGUT

NADHIRA BENEDICTA

NIM: 11755201245

Tanggal Sidang: 08 Juli 2021

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrandas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Pada saluran transmisi, potensi gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat. Gardu induk pada sistem 150 kV menggunakan rele jarak sebagai sistem proteksi utama. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis koordinasi rele jarak yang terdapat pada saluran 150 kV Garuda Sakti – Balai Pungut dalam mengatasi gangguan. Penelitian ini dilakukan dengan melihat nilai jangkauan *setting eksisting* pada PT.PLN apakah sudah sesuai standar IEEE dan NPAG Alstom. *Setting* yang belum memenuhi standar dilakukan *resetting*. *Setting* rele yang didapatkan dari PT. PLN disimulasikan menggunakan *software* DIGSILENT 15.1 untuk menganalisis kinerja rele dan koordinasi antar rele agar bekerja dengan andal. Hasil *scanning* dari data *setting existing* yang disimulasikan dalam diagram R-X menunjukkan bahwa rele jarak pada saluran 150 kV Garuda Sakti – Balai Pungut memiliki nilai *setting* yang tidak sesuai dengan standar. Jangkauan zona 1 rele Garuda Sakti arah Balai Pungut memiliki jangkauan sebesar 71,03% dan zona 1 rele Balai Pungut arah Garuda Sakti memiliki jangkauan sebesar 79,87% dimana pada standar zona 1 seharusnya memiliki jangkauan sebesar 85%-90%. Gangguan pada sistem *setting existing* disimulasikan pada jarak 30% - 50% dari total Panjang saluran Garuda Sakti-Balai Pungut dan arah sebaliknya. Setelah dilakukan *resetting* dan perhitungan ulang didapatkan nilai jangkauan yang baru untuk zona 1 rele Garuda Sakti arah Balai Pungut sebesar 85,2% dan rele Balai Pungut arah Garuda Sakti sebesar 85,77%. Setelah dilakukan *resetting* diperoleh nilai jangkauan baru yang sudah sesuai standar.

Kata kunci : Rele Jarak, Zona Proteksi, *Software* DIGSILENT 15.1, *Setting*, Saluran Transmisi



ANALYSIS SCANNING SETTING DISTANCE RELAY PROTECTION OF 150 kV TRANSMISION LINES ON SUBSTATION GARUDA SAKTI TO BALAI PUNGUT

NADHIRA BENEDICTA

Student Number: 11755201245

Date of Final Exam: 08 July 2021

***Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street, Number.155 Pekanbaru***

ABSTRACT

On the transmission line, the potential for interference that occurs is a short circuit. Substations on the 150 kV system use distance relays as the main protection system. This study aims to analyze the coordination of the distance relay on the 150 kV Garuda Sakti - Balai Pungut channel in overcoming interference. This research was conducted by looking at the value of the existing setting range at PT. PLN whether it was in accordance with the IEEE and NPAG Alstom standards. Settings that do not meet the standards are reset. The relay settings obtained from PT. PLN is simulated using DIgSILENT 15.1 software to analyze relay performance and coordination between relays to work reliably. The scanning results from the existing setting data which are simulated in the R-X diagram show that the distance relay on the 150 kV Garuda Sakti - Balai Pungut line has a setting value that is not in accordance with the standard. The coverage of zone 1 for the Garuda Sakti relay towards Balai Pungut has a range of 71.03% and zone 1 for the Balai Pungut relay towards Garuda Sakti has a range of 79.87% where in standard zone 1 it should have a range of 85%-90%. Disturbances in the existing setting system are simulated at a distance of 30% - 50% of the total length of the Garuda Sakti-Balai Pungut channel and the opposite direction. After resetting and recalculation, the new range value for zone 1 for the Garuda Sakti relay towards Balai Pungut is 85.2% and the Balai Pungut relay for Garuda Sakti is 85.77%. After resetting, a new range value is obtained which is in accordance with the standard.

Keywords: *Distance relay, Protection Zone, Software DIgSILENT 15.1, Setting, Transmission Line*



KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah *Rabbil Alamin*, Puji syukur penulis haturkan kepada Allah ﷻ, berkat rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Scanning Setting Proteksi Distance Relay Pada Penghantar 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti Ke Gardu Induk Balai Pungut”**. Shalawat beriringan salam penulis hadiahkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad ﷺ yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapatkan syafaat beliau.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus nya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Diri Sendiri yang tidak pernah berhenti berjuang.

2. Papa, Mama, Abang Fadhli, Adek Fadhil, Adek Aisyah dan keluarga yang telah mendoakan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

3. Bapak Prof. Dr. Khairunnas Rajab, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

4. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

5. Ibu Dr. Zulfatri Aini, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

6. Bapak Sutoyo, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

7. Bapak Ahmad Faizal S.T., M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau.

8. Ibu Lwi Ismaredah, S.Kom., M.Kom, selaku ketua sidang Tugas Akhir yang telah mengingatkan kembali untuk terus belajar tentang Agama Islam.



9. Ibu Dr. Liliana, ST., M.Eng selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir sekaligus pembimbing akademik yang senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini maupun dalam proses pendidikan Strata 1 (S1) penulis.

10. Bapak Dr. Alex Wenda, S.T. M.Eng., selaku Dosen pembimbing akademik yang senantiasa memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat.

12. Pimpinan, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

13. Bapak Juli Sembiring, selaku Manager PT.PLN UPT Pekanbaru.

14. Bapak Ramlond Anggito Panggabean, selaku Manager ULTG Teluk Lembu yang telah banyak memberikan ilmu, saran dan bimbingan nya kepada saya.

15. Bapak Herick Yusra, selaku Supervisor GI Garuda Sakti yang telah banyak memberikan ilmu, saran dan bimbingan nya kepada saya.

16. Seluruh Karyawan/ti GI Garuda Sakti yang telah banyak membantu penulis selama melaksanakan penelitian ini.

17. Sahabat dan teman-teman (Yogy Dwi Pranata, Muhammad Fajri, Swastika Pusparani, Julietty Huswina N, Tiara Puja H, Tahlil Darmiayu, Putri Ade Irma Y, Erryni Chantika P) yang telah memberikan saran dan motivasinya kepada saya.

18. Rekan-rekan seperjuangan yang sama-sama sedang mengerjakan Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan motivasinya kepada saya.

19. Rekan-rekan Angkatan 2017 dan Konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

20. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik di masa yang akan datang.

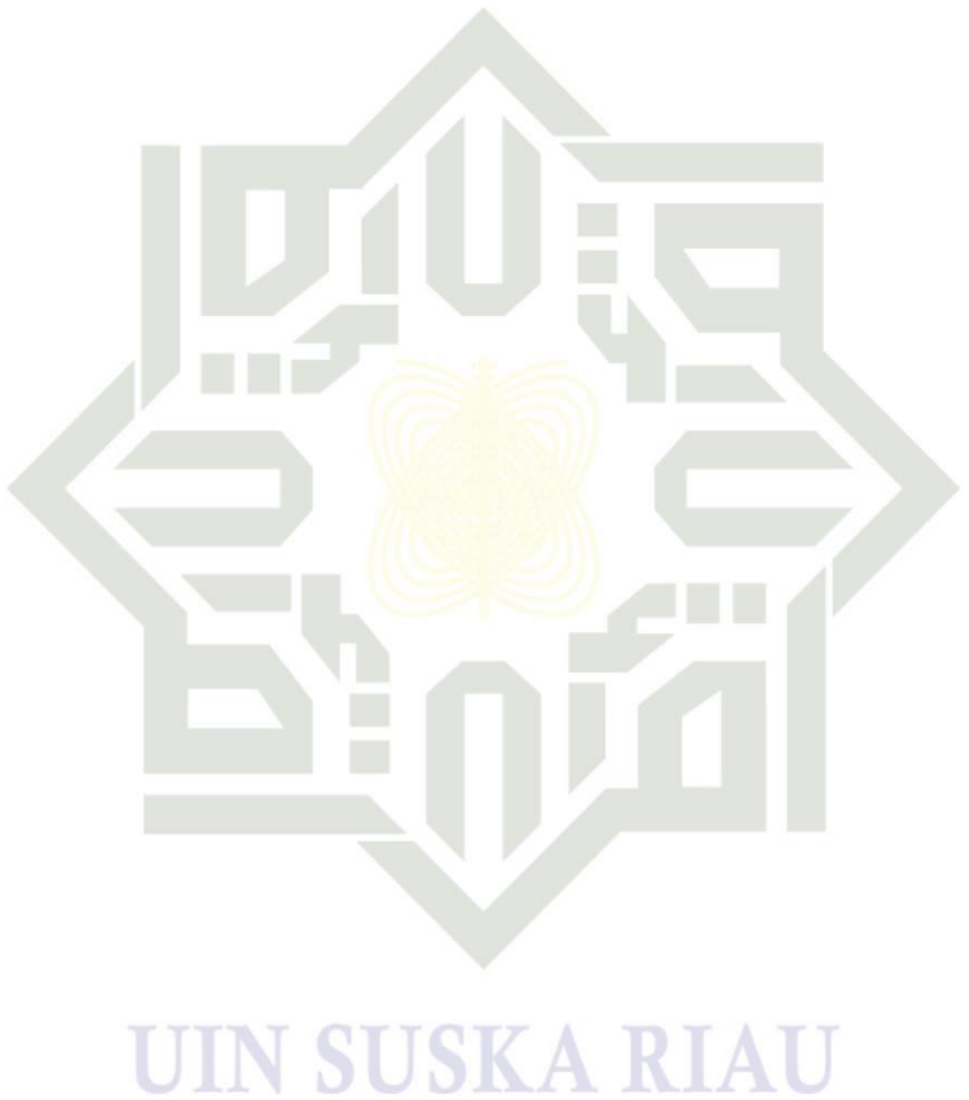
Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca di masa mendatang. Aamiin.



Wassalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Pekanbaru, 08 Juli 2021

Nadhira Benedicta



Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR ISI

Halaman

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR LAMBANG / NOTASI	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-6
1.3 Tujuan Penelitian	I-6
1.4 Batasan Masalah	I-6
1.5 Manfaat Penelitian	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Sistem Tenaga Listrik	II-4
2.3 Defenisi Sistem Interkoneksi dan Sistem Terisolir	II-5
2.3.1 Sistem Interkoneksi	II-5
2.3.2 Sistem Terisolir	II-5
2.4 Saluran Transmisi	II-5
2.5 Sistem Proteksi Saluran Transmisi Tenaga Listrik	II-7
2.5.1 Tujuan Sistem Proteksi	II-7



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2.6 Proteksi dan Kontrol Penghantar	II-8
2.7 Pola Proteksi Penghantar	II-10
2.7.1 Pola Proteksi Penghantar 150 kV	II-11
2.8 <i>Distance Relay</i>	II-12
2.9 Pengaruh Rasio Impedansi Sumber dan Saluran	II-14
2.9.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	II-15
2.9.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa	II-15
2.9.3 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	II-16
2.10 Zona Proteksi	II-17
2.10.1 Penyetelan Zona-1	II-18
2.10.2 Penyetelan Zona-2	II-18
2.10.3 Penyetelan Zona-3	II-19
2.10.4 Penyetelan Zona-3 <i>Reverse</i>	II-19
2.10.5 Penyetelan <i>Starting</i>	II-19
2.10.6 Penyetelan <i>Resistif Reach</i>	II-20
2.11 Jenis – Jenis Karakteristik Relai Jarak	II-20
2.11.1 Relai Jarak Karakteristik Impedansi	II-20
2.11.2 Relai Jarak Karakteristik Mho	II-20
2.11.3 Relai Jarak Karakteristik Reaktansi	II-21
2.11.4 Relai Jarak Karakteristik Quadrilateral	II-21
2.12 Konstruksi Relai Jarak	II-21
2.13 Aplikasi Relai Jarak	II-23
2.14 DIgSILENT <i>PowerFactory</i> 15.1	II-23
2.14.1 <i>PowerFactory Simulation Function</i>	II-24
2.14.2 Analisis Koordinasi Proteksi	II-25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Lokasi Penelitian	III-1
3.3 Tahapan Penelitian	III-1
3.4 Studi Literatur	III-4
3.5 Prosedur Penelitian	III-4
3.6 Pengumpulan Data Sekunder	III-4
3.7 Simulasi DIgSILENT <i>PowerFactory</i> 15.1	III-8
3.7.1 Input Data	III-9



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.7.2 Simulasi Aliran Daya	III-11
3.7.3 Simulasi Gangguan Hubung Singkat	III-12
3.7.4 Simulasi Koordinasi Kinerja Rele	III-13
3.8 Analisa Hasil	III-14

DAFTAR IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Koordinasi Rele Kondisi <i>Setting Existing</i>	IV-1
4.1.1 Data <i>Setting Existing</i>	IV-1
4.2 Hasil dan Analisis Kinerja Rele Terhadap Gangguan Dari Kondisi <i>Setting Existing</i>	IV-2
4.2.1 Skenario Gangguan	IV-2
4.2.2 R-X Diagram	IV-3
4.3 Hasil dan Analisis Koordinasi Rele Kondisi <i>Resetting</i>	IV-4
4.3.1 Standar <i>Setting</i> Rele Jarak	IV-4
4.3.2 Perbandingan Jangkauan Rele Kondisi Rele <i>Setting Existing</i> dan Kondisi <i>Resetting</i>	IV-7
4.4 Hasil dan Analisis Kinerja Rele Terhadap Gangguan Kondisi <i>Resetting</i> ..	IV-8
4.4.1 Skenario Gangguan	IV-8
4.4.2 R-X Diagram	IV-9
4.4.3 Perbandingan Grafik <i>Time Distance Coordination</i>	IV-12

DAFTAR V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

Gambar 2.1	Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik.....	II-4
Gambar 2.2	Typical Komponen Sistem Proteksi SUTET	II-8
Gambar 2.3	Typical Komponen Sistem Proteksi SUTT	II-9
Gambar 2.4	Komponen Utama Rele Proteksi	II-10
Gambar 2.5	Block diagram Rele Jarak	II-13
Gambar 2.6	Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa ke Tanah	II-15
Gambar 2.7	Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah	II-16
Gambar 2.8	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah	II-17
Gambar 2.9	Rele Jarak (<i>Distance Relay</i>).....	II-18
Gambar 2.10	Karakteristik Relai Impedansi dengan Diagram R – X.....	II-20
Gambar 2.11	Karakteristik Relai Jarak Mho	II-20
Gambar 2.12	Karakteristik Reaktansi	II-21
Gambar 2.13	Karakteristik Quadrilateral.....	II-21
Gambar 2.14	Contoh Peletakan Pengaplikasian Rele Jarak	II-23
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	III-3
Gambar 3.2	Single Line Diagram GI Garuda Sakti.....	III-5
Gambar 3.3	Tahapan Simulasi Koordinasi Rele Jarak Menggunakan <i>DIGSILENT PowerFactory</i> 15.1.....	III-9
Gambar 3.4	Tampilan Lembar Project <i>DIGSILENT PowerFactory</i> 15.1.....	III-10
Gambar 3.5	Menu Load Flow Calculation pada <i>DIGSILENT PowerFactory</i> 15.1.....	III-11
Gambar 3.6	Menentukan <i>Calculation Method</i> pada Menu <i>Load Flow Calculation</i>	III-11
Gambar 3.7	Menentukan Jenis Gangguan Hubung Singkat.....	III-13
Gambar 3.8	Menentukan bentuk kurva diagram R – X	III-14
Gambar 4.1	Diagram R – X Rele Garuda Sakti – Balai Pungut.....	IV-3
Gambar 4.2	Diagram R – X Rele Balai Pungut – Garuda Sakti.....	IV-4
Gambar 4.3	Diagram R – X Kondisi <i>Resetting</i> Rele Garuda Sakti – Balai Pungut.....	IV-9
Gambar 4.4	Diagram R – X Kondisi <i>Resetting</i> Rele Balai Pungut – Garuda Sakti.....	IV-10
Gambar 4.5	<i>Time – Distance Coordination</i> Rele Garuda Sakti-Balai Pungut Kondisi <i>Resetting</i> (a) dan (b) Balai Pungut – Garuda Sakti Kondisi <i>Resetting</i>	IV-13



DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

Tabel 2.1	Pola Proteksi Penghantar 150 kV	II-11
Tabel 3.1	Data Penghantar	III-5
Tabel 3.2	Data Impedansi Saluran	III-6
Tabel 3.3	Data Rasio CT dan Rasio PT	III-7
Tabel 3.4	Data Arus Hubung Singkat Sistem	III-7
Tabel 3.5	Data <i>Setting Existing</i> Rele Jarak	III-8
Tabel 4.1	Data <i>Setting Existing</i> Rele Jarak	IV-1
Tabel 4.2	Skenario Gangguan	IV-2
Tabel 4.3	Standar <i>Setting</i> Rele Jarak	IV-5
Tabel 4.4	Perbandingan Jangkauan Rele dengan Standar	IV-5
Tabel 4.5	Nilai <i>Setting</i> Impedansi Kondisi <i>Resetting</i>	IV-7
Tabel 4.6	Perbandingan Jangkauan Rele	IV-7
Tabel 4.7	Skenario Gangguan	IV-8
Tabel 4.8	Perbandingan Kinerja Rele saat Skenario Gangguan 1	IV-11
Tabel 4.9	Perbandingan Kinerja Rele saat Skenario Gangguan 2	IV-12

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR RUMUS

	Rumus	Halaman
1. Di	Rumus 2.1 Perhitungan Impedansi Rele Jarak	II-14
1. Di	Rumus 2.2 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa	II-15
1. Di	Rumus 2.3 Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah.....	II-16
1. Di	Rumus 2.4 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Tegangan pada Relai.....	II-16
1. Di	Rumus 2.5 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Arus pada Relai.....	II-16
1. Di	Rumus 2.6 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Arus Netral.....	II-16
1. Di	Rumus 2.7 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Kompensasi Urutan Nol	II-16
1. Di	Rumus 2.8 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Z ₁	II-17
1. Di	Rumus 2.9 Perhitungan Jangkauan Zona 1	II-18
1. Di	Rumus 2.10 Perhitungan Impedansi Primer	II-18
1. Di	Rumus 2.11 Perhitungan Impedansi Sekunder	II-18
1. Di	Rumus 2.12 Penyetelan <i>Zone-2</i> min	II-18
1. Di	Rumus 2.13 Penyetelan <i>Zone-2</i> maks.....	II-18
1. Di	Rumus 2.14 Penyetelan <i>Zone-3</i> min	II-19
1. Di	Rumus 2.15 Penyetelan <i>Zone-3</i> maks.....	II-19
1. Di	Rumus 2.16 Penyetelan <i>Zone-3</i> maks ₂	II-19
1. Di	Rumus 2.17 Penyetelan <i>Zone-3</i> Reverse Memberi Sinyal Trip.....	II-19
1. Di	Rumus 2.18 Penyetelan <i>Zone-3</i> Reverse Tidak Memberi Sinyal Trip	II-19
1. Di	Rumus 2.19 Penyetelan <i>Starting</i> Arus Lebih Fasa-Fasa.....	II-19
1. Di	Rumus 2.20 Penyetelan <i>Starting</i> Arus Lebih Fasa-Netral	II-19
1. Di	Rumus 2.21 Penyetelan <i>Starting</i> Impedansi Z _s min	II-19
1. Di	Rumus 2.22 Penyetelan <i>Starting</i> Impedansi Z _s max.....	II-19
1. Di	Rumus 2.23 Penyetelan Resistif Reach Untuk System 70 kV.....	II-20
1. Di	Rumus 2.24 Penyetelan Resistif Reach Untuk System 150 kV dan 500 kV	II-20

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR LAMBANG / NOTASI

1. Dila : Ohm
 2. Dila : Tegangan
 3. Dila : Ampere
 4. Dila : Impedansi
 5. Dila : Arus
 6. Dila : Tegangan Fase-Netral
 7. Dila : Tegangan Fase-Fase
 8. Dila : Arus Fase-Netral
 9. Dila : Arus Fase-Fase
 10. Dila : Kompensasi Urutan NolTegangan Kirim
 11. Dila : Zona 1
 12. Dila : Zona 2
 13. Dila : Zona 3
 14. Dila : Impedansi Saluran
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

Hak Cipta	
1. Ditulis oleh	
2. Ditulis oleh	
3. Ditulis oleh	
4. Ditulis oleh	
5. Ditulis oleh	
6. Ditulis oleh	
7. Ditulis oleh	
8. Ditulis oleh	
9. Ditulis oleh	
10. Ditulis oleh	
11. Ditulis oleh	
12. Ditulis oleh	
13. Ditulis oleh	
14. Ditulis oleh	
15. Ditulis oleh	
16. Ditulis oleh	
17. Ditulis oleh	
18. Ditulis oleh	
19. Ditulis oleh	
20. Ditulis oleh	
21. Ditulis oleh	
22. Ditulis oleh	
23. Ditulis oleh	
24. Ditulis oleh	
25. Ditulis oleh	
26. Ditulis oleh	
27. Ditulis oleh	
28. Ditulis oleh	
29. Ditulis oleh	
30. Ditulis oleh	
31. Ditulis oleh	
32. Ditulis oleh	
33. Ditulis oleh	
34. Ditulis oleh	
35. Ditulis oleh	
36. Ditulis oleh	
37. Ditulis oleh	
38. Ditulis oleh	
39. Ditulis oleh	
40. Ditulis oleh	
41. Ditulis oleh	
42. Ditulis oleh	
43. Ditulis oleh	
44. Ditulis oleh	
45. Ditulis oleh	
46. Ditulis oleh	
47. Ditulis oleh	
48. Ditulis oleh	
49. Ditulis oleh	
50. Ditulis oleh	
51. Ditulis oleh	
52. Ditulis oleh	
53. Ditulis oleh	
54. Ditulis oleh	
55. Ditulis oleh	
56. Ditulis oleh	
57. Ditulis oleh	
58. Ditulis oleh	
59. Ditulis oleh	
60. Ditulis oleh	
61. Ditulis oleh	
62. Ditulis oleh	
63. Ditulis oleh	
64. Ditulis oleh	
65. Ditulis oleh	
66. Ditulis oleh	
67. Ditulis oleh	
68. Ditulis oleh	
69. Ditulis oleh	
70. Ditulis oleh	
71. Ditulis oleh	
72. Ditulis oleh	
73. Ditulis oleh	
74. Ditulis oleh	
75. Ditulis oleh	
76. Ditulis oleh	
77. Ditulis oleh	
78. Ditulis oleh	
79. Ditulis oleh	
80. Ditulis oleh	
81. Ditulis oleh	
82. Ditulis oleh	
83. Ditulis oleh	
84. Ditulis oleh	
85. Ditulis oleh	
86. Ditulis oleh	
87. Ditulis oleh	
88. Ditulis oleh	
89. Ditulis oleh	
90. Ditulis oleh	
91. Ditulis oleh	
92. Ditulis oleh	
93. Ditulis oleh	
94. Ditulis oleh	
95. Ditulis oleh	
96. Ditulis oleh	
97. Ditulis oleh	
98. Ditulis oleh	
99. Ditulis oleh	
100. Ditulis oleh	



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran A-1 Izin Penelitian	A-1
Lampiran B-1 Hasil Wawancara	B-1
Lampiran C-1 Data Penghantar.....	C-1
Lampiran D-1 Data Impedansi Saluran.....	D-1
Lampiran E-1 Data Rasio CT dan PT.....	E-1
Lampiran F-1 Data Arus Hubung Singkat Sistem.....	F-1
Lampiran G-1 Data <i>Setting Eksisting</i> Rele Jarak.....	G-1
Lampiran H-1 Rangkaian Simulasi Rele Jarak Pada DIgSILENT 15.1.....	H-1

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam melakukan kegiatan sehari-hari energi listrik sangat diperlukan karena listrik sangat membantu dan bermanfaat bagi manusia. Manusia menggunakan listrik untuk berbagai keperluan karena barang elektronik membutuhkan tenaga listrik tanpa listrik, manusia akan kesulitan. Di era globalisasi, energi listrik berperan dalam kehidupan sehari-hari untuk kebutuhan manusia seperti untuk mempermudah dalam melakukan kegiatan walaupun masyarakat di daerah-daerah terpencil hidup tanpa listrik, mereka tidak kesulitan karena sudah terbiasa. Kita harus memanfaatkan listrik seperlunya agar masyarakat di daerah-daerah terpencil bisa memakai listrik untuk keperluan mereka sehari-hari. Negara berkembang seperti Indonesia memiliki perkembangan yang cukup pesat seperti dengan adanya peningkatan pada jumlah penduduk, industri dan perkembangan ekonomi mengakibatkan semakin hari jumlah permintaan ketersediaan listrik kebutuhannya juga semakin meningkat [1]. Oleh karena itu perlu diperhatikan kesinambungan dari proses penyaluran tenaga listrik agar aktivitas dan kegiatan dari masyarakat dapat berlangsung dengan baik [2].

Sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu pembangkit, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban. Saluran transmisi merupakan saluran yang menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit sampai dengan gardu induk menuju konsumen. Sedangkan energi listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkit dapat dipergunakan oleh konsumen. Pada sistem saluran transmisi digunakan tegangan yang lebih tinggi. Saluran ini menjadi bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik, dikarenakan saluran ini berpengaruh terhadap kestabilan dan realibilitas tenaga listrik. Hal ini dikarenakan fungsi utama saluran transmisi adalah menyalurkan daya dengan tingkat keefisienan yang tinggi dengan meminimalkan rugi-rugi daya. Karena pentingnya saluran transmisi sebagai media penyaluran maka tanpa adanya saluran transmisi maka tenaga listrik tidak dapat disalurkan [3].

Dalam perencanaan sistem pengamanan pada saluran transmisi harus diberikan perhatian yang cukup serius karena pada proses menyalurkan daya, peranan sistem transmisi sangat penting [4]. Dikarenakan banyaknya faktor yang dapat mengganggu saluran transmisi. Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan gangguan, baik faktor internal seperti kesalahan pada sistem, kegagalan peralatan maupun eksternal seperti suhu, hewan, sambaran petir, badai [5]. Gangguan

tersebut bisa menyebabkan terjadinya gangguan kelangsungan operasi maupun kerusakan peralatan pada sistem saluran transmisi tenaga listrik dan Gangguan hubung singkat satu fasa, dua fasa, atau tiga fasa. Sehingga dalam meminimalisir kerusakan peralatan dan kerugian yang ditimbulkan oleh gangguan, maka perlu adanya sistem proteksi [6].

Proteksi utama pada saluran transmisi adalah rele jarak [1]. Rele jarak memiliki prinsip kerja yaitu dengan mengukur nilai impedansi pada penghantar. Impedansi pada penghantar yang terdeteksi oleh rele yaitu hasil perbandingan tegangan yang didapatkan dari titik rele dengan arus gangguan yang terdeteksi oleh rele, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan [7]. Nilai impedansi gangguan yang didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai impedansi *setting* pada rele. Apabila nilai impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi *setting* rele, maka rele akan trip. Tetapi, apabila nilai impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi *setting* rele, maka rele tidak akan memberi perintah trip[8].

Sistem proteksi rele jarak adalah pengaman utama yang ada pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV yang dibagi menjadi beberapa daerah cakupan atau zona yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi sebagai agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di daerah pengamanannya [9]. Penyetelan rele jarak memegang peranan yang sangat penting untuk mendapatkan keandalan, dan selektifitas kerja yang tinggi dari rele. Maka dari itu, *setting* rele jarak perlu dikoordinasikan dengan zona proteksi rele jarak lainnya agar tidak terjadi tumpang tindih antara zona proteksi [8].

Umumnya jarak saluran transmisi yang jauh menyebabkan rentan terhadap berbagai jenis gangguan, untuk itu dibutuhkan sistem proteksi untuk mengatasi gangguan yang terjadi pada sistem. Sistem proteksi mempunyai peranan yang penting dalam mengisolir gangguan dan mengamankan bagian yang tidak terkena gangguan serta menjaga keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik. Rele jarak adalah sistem proteksi yang biasanya digunakan pada saluran transmisi yang memiliki tegangan 150 kV yang tergolong dalam tegangan tinggi[10]. Koordinasi rele jarak tidak melibatkan pengaman lainnya karena rele jarak adalah sebagai proteksi utama (*main protection*) dan *backup* untuk seksi didepannya. Rele jarak dapat mengidentifikasi gangguan (*fault clearance*) dengan cepat dan memisahkan bagian saluran yang terkena gangguan dari bagian lain yang masih dapat beroperasi. Rele jarak juga dapat mendeteksi sejauh mana letak lokasi gangguan pada saluran transmisi, dan mengamankan gangguan agar tidak mengenai peralatan saluran transmisi yang sedang beroperasi. Idealnya setiap saluran transmisi dilindungi oleh dua buah rele

jarak yang saling berhadapan. Tiap ujung saluran juga dipasang CT (*current transformer*) dan VT (*voltage transformer*) untuk mengukur arus dan tegangan sistem[11].

Sistem proteksi yang tepat juga berguna untuk memberikan pelayanan listrik yang aman dan andal. Dalam penelitian ini, untuk menganalisis koordinasi rele jarak digunakan perangkat lunak *DigSILENT PowerFactory*. *DigSILENT PowerFactory* adalah *engineering tool* yang berguna untuk melakukan analisis transmisi, distribusi, dan sistem tenaga listrik industri. Dalam analisis proteksi, *software DigSILENT PowerFactory* ini dapat digunakan untuk melihat simulasi koordinasi rele antar jaringan dan menghasilkan diagram R-X untuk berbagai macam gangguan[12]. Koordinasi kerja antar rele jarak dan simulasi kinerja rele diperlukan untuk melihat kinerja tiap rele jarak pada masing – masing gardu induk. Simulasi dilakukan untuk melihat apakah bus sistem sudah terlindungi dengan baik atau belum. Hasil koordinasi rele jarak tersebut berupa grafik waktu terhadap impedansi. Hal pertama yang perlu dilakukan untuk koordinasi rele jarak adalah menginputkan data penghantar, rasio CT (*current transformer*), rasio PT (*potential transformer*), dan *setting existing* rele jarak. Dimana dari hasil inputan tersebut akan menghasilkan *output* berupa diagram koordinasi waktu dan jangkauan *setting* rele jarak (*Time-Distance Diagram*) dan menghasilkan diagram R – X dari simulasi kinerja antara rele satu dengan rele yang lainnya serta karakteristik kerja rele jarak[3].

Penelitian ini akan menganalisis kinerja koordinasi rele jarak dan menganalisis simulasi diagram R – X untuk berbagai macam gangguan agar tetap terjaga keandalan dan selektivitasnya dalam melindungi dan mengamankan saluran transmisi, lalu menganalisa seberapa baik selektifitas rele jarak mengamankan jika terjadi gangguan disetiap zona proteksi pada penghantar saluran transmisi 150 kV GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut. Sehingga, dapat diketahui hasil koordinasi berupa grafik waktu terhadap impedansi mengalami tumpang tindih atau tidak antara zona kerja masing-masing rele jarak[13].

Sistem transmisi 150 kV pada sistem kelistrikan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) wilayah Pekanbaru merupakan bagian yang terpenting dalam proses penyaluran energi listrik, oleh karena itu sistem proteksi saluran transmisi wilayah Pekanbaru adalah sistem yang sudah bekerja dengan cukup baik dalam menangani gangguan. Secara khusus pada Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Balai Pungut adalah bagian dari subsistem transmisi 150 kV yang sering mengalami gangguan dan membuat relai jarak sebagai pengaman utama pada saluran transmisi 150 kV selalu bekerja[13].

Berdasarkan data yang didapatkan pada P3B Sumatera mengenai Evaluasi Operasi Tahunan (EOT) di tahun 2020 bahwa pada penghantar 150 kV GI Garuda Sakti sering mengalami gangguan dibandingkan dengan GI Pasir Putih, gangguan yang pernah terjadi antara lain hilangnya tegangan di Gardu Induk Garuda sakti, Gardu Induk Balai Pungut, Gardu Induk Duri, Gardu Induk Dumai, Gardu Induk Bagan Batu dan Gardu Induk Kota Pinang serta PLTMG Balai Pungut 106 MW yang mengalami trip dikarenakan adanya petir yang terjadi pada saluran penghantar 150 kV Garuda Sakti – Balai Pungut 1 dan 2 yang terjadi pada tanggal 29 Juni 2020 [14]. Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Herick Yusra selaku Supervisor Gardu Induk Garuda Sakti yaitu pada gardu induk garuda sakti ke gardu induk balai pungut telah mengalami enam kasus gangguan yang menyebabkan terjadinya *reclose* dan trip dalam kurun waktu 12 bulan dibandingkan GI Pasir Putih yang hanya mengalami dua kasus gangguan dalam kurun waktu 12 bulan. Diantaranya bahwa kasus pemadaman total pernah terjadi pada Subsistem Riau tanggal 7 Maret 2020 yang disebabkan oleh gangguan pada SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) 150 kV Balai Pungut – Garuda Sakti karena petir, gangguan ini juga membuat semua pembangkit di Riau mengalami trip. Juga pada tanggal 15 Agustus 2020 dikarenakan adanya hujan lebat di PLTA Koto Panjang yang menyebabkan gangguan pada sistem transmisi GI Garuda Sakti dan tanggal 21 Mei 2020 terjadi *Overload* atau beban tidak seimbang di GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut[14].

Menurut Bapak Ramlond Anggito Panggabean selaku Manager ULTG Teluk Lembu PT.PLN (Persero) UPT Pekanbaru bahwa analisis *scanning setting* proteksi *distance relay* ini penting dan berguna untuk dilakukan untuk mengevaluasi optimalisasi koordinasi *setting* rele jarak (*Distance Relay*) dari gangguan yang mungkin terjadi pada saluran transmisi khususnya pada Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Balai Pungut. Gangguan yang sering terjadi pada saluran transmisi biasanya gangguan yang diakibatkan oleh petir, gangguan ini bisa terjadi di zona mana saja dengan menyambar satu atau dua sirkit sekaligus. Dari pengalaman yang terjadi seperti gangguan itu maka sangat penting dan diperlukan peranan sistem proteksi pada rele jarak agar gangguan tersebut tidak menyebabkan gangguan menjadi meluas ke bagian yang tidak terkena gangguan, sejauh ini upaya upaya yang telah dilakukan PT. PLN UPT Pekanbaru terhadap *setting* proteksi rele jarak jika terjadi gangguan pada saluran transmisi, sudah disiapkan mitigasinya berupa *setting* rele jarak yang ada dengan menggunakan standar SPLN No. 15 tahun 2014 agar rele jarak bekerja menjadi cepat, andal dan selektif dalam menanggapi gangguan dengan harapan koordinasi zona proteksi rele jarak yang lebih baik dapat menyesuaikan dengan keadaan sistem

tersebut dan dapat memperbaiki kinerja sistem proteksi. Namun kelemahan pada standar SPLN zona disetel menjangkau 80% - 85% dari impedansi saluran [15], sedangkan standar IEEE C37.113.2015 dan NPAG *Alstom* zona 1 disetel menjangkau 85% - 90% dari impedansi saluran

Penelitian-penelitian mengenai *setting* proteksi rele jarak pada sistem tenaga listrik telah dilakukan sebelumnya, seperti penelitian terkait diantaranya analisis dan *setting* rele jarak pada sub sistem sebagai sistem proteksi saluran udara tegangan tinggi 150 kV dengan perhitungan manual [17]. Beberapa penelitian terkait studi relai jarak sebagai sistem proteksi pada sistem tenaga listrik dengan menggunakan standar IEC 60255-121:2014 dan *software DIGSILENT* 15.1.7 [18]. Penelitian yang lain tentang rele jarak, menyimpulkan bahwa koordinasi dari rele jarak dapat dianalisis dengan *software DIGSILENT PowerFactory*. *DIGSILENT* dapat melakukan simulasi koordinasi rele jarak yang direpresentasikan ke dalam R-X diagram untuk berbagai macam gangguan [17].

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi optimalisasi koordinasi *setting* rele jarak (*Distance Relay*) pada saluran transmisi Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Balai Pungut haruslah berkerja dengan sensitif, selektif, cepat dan handal. Dan untuk menjamin agar saluran transmisi benar-benar terlindungi oleh rele maka perlu dilakukan perencanaan *setting* rele dan juga koordinasi yang tepat dan akurat agar setiap rele proteksi dapat bekerja melokalisir gangguan dengan cepat pada daerah yang diaman kan oleh rele. Standar acuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar IEEE C37.113.2015 tentang aplikasi rele proteksi pada saluran transmisi dan NPAG dari *Alstom* yang merupakan standar umum yang digunakan untuk menentukan *setting* koordinasi proteksi rele jarak di saluran transmisi[10]. Dimana koordinasi dan *setting* dari rele jarak dapat *discanning* secara tepat menggunakan program aplikasi *DIGSILENT*. Alasan memilih *software DIGSILENT* 15.1 karena *software* ini dipakai oleh PLN dan memiliki kemampuan dan keunggulan dari *software* yang lain untuk mensimulasikan aliran daya, gangguan hubung singkat. Dibandingkan dengan *software* ETAP, *software DIGSILENT* 15.1 ini memiliki fitur khusus untuk mensimulasikan jangkauan dan kinerja koordinasi proteksi rele jarak sesuai dengan zona proteksi agar hasil yang didapatkan sesuai dengan *setting* eksisting PLN. Maka dalam penelitian ini penulis akan menyusun dan mengambil sebuah judul **“Analisis Scanning Setting Proteksi Distance Relay pada Penghantar 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti Ke Gardu Induk Balai Pungut”**.

Rumusan Masalah

Bagaimana data *setting* impedansi per zona dalam zona rele jarak yang telah ditetapkan oleh PLN apakah sesuai dengan standar?

Bagaimana hasil *scanning* kinerja rele jarak yang direpresentasikan ke dalam diagram R – X untuk berbagai macam gangguan dari *setting existing*?

Bagaimana tingkat koordinasi rele jarak dalam memproteksi setiap zona yang telah di *resetting* apakah sesuai dengan standar?

Bagaimana kinerja rele jarak dari *resetting* yang dihasilkan pada diagram R – X ketika diberi gangguan tertentu?

Tujuan Penelitian

Mengetahui dan menganalisa data *setting* impedansi per zona dalam zona rele jarak yang telah ditetapkan oleh PLN apakah sesuai dengan standar.

Menganalisa hasil *scanning* kinerja rele jarak yang direpresentasikan ke dalam diagram R – X untuk berbagai macam gangguan dari data *setting existing*.

Mengetahui tingkat koordinasi rele jarak dalam memproteksi setiap zona yang telah di *resetting* apakah sesuai dengan standar.

Mengetahui kinerja rele jarak dari *resetting* yang dihasilkan pada diagram R – X ketika diberi gangguan tertentu.

Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji khusus membahas mengenai kinerja koordinasi *setting* rele jarak dan tidak membahas rele *backup* lain dan alat proteksi lain selain rele jarak.

Rele jarak yang dianalisis dan dikoordinasikan adalah rele jarak pada saluran transmisi 150 kV GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut sebagai lokasi letak gangguan hubung singkat.

Pembahasan ini menganalisa prinsip kerja koordinasi rele jarak dan pengamanan yang dilakukan rele jarak dari hasil *scanning*.

Koordinasi rele jarak zona 3 dengan rele didepannya tidak dilakukan karena untuk melihat koordinasi rele jarak zona 3 dengan rele didepannya diperlukan minimal 4 Gardu Induk.

Standar digunakan dalam penelitian ini adalah standar IEEE C37.113.2015 dan NPAG Alstom

Scanning dan *setting* di simulasikan menggunakan perangkat lunak *DIGSILENT PowerFactory* 15.1.

Manfaat Penelitian

Bagi responden/objek yang diteliti

Bagi responden diharapkan penelitian ini sebagai bahan informasi tentang kondisi penghantar pada sistem transmisi apakah pengamanan sesuai standar.

Bagi Peneliti

Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan acuan atau sumber data bagi penelitian selanjutnya.

Bagi Tempat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat menjadi masukan atau referensi dalam melakukan analisa *setting* proteksi yang tepat, andal dan selektif sehingga sistem pengamanan dapat bekerja melokalisir gangguan sebagai mana mestinya tanpa menimbulkan pemadaman yang meluas sehingga mempertahankan citra nama baik PT. PLN (Persero) di mata masyarakat.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

©Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipannya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Sebelum melakukan penelitian dibutuhkan adanya studi literatur yang bertujuan untuk menemukan rujukan dari sumber-sumber yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, rujukan ini didapatkan dari buku, jurnal, paper maupun berita yang berhubungan dengan penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa referensi yang peneliti rangkum terkait dengan Analisis *Setting* Rele Jarak pada Saluran Transmisi, dapat dilihat dari penelitian sebelumnya mengenai “*Performance Analysis of a Distance Relay for Zona Identification*” yang menjelaskan dan menyajikan model rele jarak yang dirancang dan dimodelkan menggunakan MATLAB / SIMULINK yang mengidentifikasi zona yang benar dari kesalahan. Model Simulink untuk rele jarak telah dirancang dan diuji untuk berbagai kondisi gangguan. Hasil simulasi dari bentuk gelombang arus dan tegangan tanpa gangguan dan dengan kondisi adanya gangguan yaitu ketika terjadi gangguan bentuk gelombang dari tegangan yaitu menurun dan bentuk gelombang dari arus yg ada pada saluran yaitu meningkat. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa rele mampu mengidentifikasi zona sesar dan isolasi jalur gangguan sesuai pengaturan rele [19].

Penelitian terkait yang kedua yaitu mengenai “Proteksi Rele Jarak (*Distance Relay*) Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Sistem Kelistrikan Lombok”. Tujuan penelitian ini merupakan usaha dan cara untuk meningkatkan kualitas dan keandalan sistem kelistrikan di Lombok. Analisa *setting* rele jarak pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 7.5 dengan melakukan simulasi hubung singkat. Hasil penelitian ini yang didapatkan dengan cara melakukan perhitungan *setting* impedansi rele jarak di Ampenan untuk memproteksi saluran Ampenan - Jeranjang pada saluran 3,25 Ω (7,543 km) yaitu Zona 1 primer adalah 2,6057 Ω (6,0345 km) tanpa waktu tunda (*instantaneous*), Zona 2 primer adalah 13,7056 Ω (31,7406 km) dengan waktu 0,4 detik dan Zona 3 primer adalah 24,7209 Ω (57,2508 km) dengan waktu 1,2 detik. Dari hasil simulasi *software* ETAP 7.5 yang memperlihatkan grafik koordinasi impedansi dan waktu *setting* rele jarak pada masing-masing seksi Zona proteksi bahwa impedansi setting rele lebih besar dari impedansi gangguan yang terdeteksi oleh rele maka dapat disimpulkan bahwa rele jarak sudah dapat melindungi sistem [20].

Penelitian terkait yang ketiga yaitu mengenai “Analisis Proteksi Rele Jarak Pada Saluran Transmisi 150 kV Garuda Sakti – Pasir Putih Menggunakan PSCAD”. Tujuan penelitian ini untuk memenuhi keandalan sistem proteksi pada saluran transmisi daya listrik karna sangat rentan terjadinya gangguan dengan studi kasus pada saluran transmisi Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Pasir Putih yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru. Ketika penelitian ini dilakukan Penghantar 150 kV Garuda Sakti – Pasir Putih belum beroperasi. Analisis proteksi rele jarak pada penelitian ini disimulasikan dengan menggunakan *software* PSCAD. Hasil perhitungan *setting* rele jarak di penghantar 150 kV Garuda Sakti - Pasir Putih dari penelitian yang telah dilakukan adalah Zona 1 yaitu 1,0529 Ω , Zona 2 yaitu 2,2519 Ω , dan Zona 3 yaitu 3,3778 Ω . Kemudian hasil dari perhitungan pada penelitian ini disimulasikan dengan menggunakan *software* PSCAD dan hasil yang didapatkan yaitu semua gelombang impedansi gangguan berada dalam lingkaran zona proteksi yang menandakan rele jarak akan bekerja ketika terjadi gangguan [13].

Penelitian terkait yang keempat yaitu mengenai “Studi Perencanaan *Setting* Rele Proteksi Pada Saluran Transmisi 150 kV Pada Gardu Induk (GI) Pasir Putih PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru”. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji perencanaan *setting* rele jarak dan koordinasi dengan rele arus lebih sebagai cadangan (*backup*) karena adanya penambahan Gardu Induk (GI) yang baru di Pangkalan Kerinci Kab. Pelalawan Riau yang akan dihubungkan dengan GI Pasir Putih 150 kV dengan panjang saluran transmisi 37,26 km. Analisis perencanaan *setting* rele jarak pada penelitian ini menggunakan *software* PSCAD. Pada penelitian ini hasil *setting* rele jarak GI Pasir Putih arah Pangkalan Kerinci pada Zona 1 yaitu 7,69849 Ohm dengan waktu 0 detik, Zona 2 yaitu 11,54774 Ohm dengan waktu 0,4 detik. Dan hasil *setting* rele arus lebih pada GI Pasir Putih dengan Isekunder yaitu 0,59 A dan Iprimer yaitu 952,62 A dan pada GI Pangkalan Kerinci Isekunder yaitu 0,59 A dan Iprimer yaitu 952,62 A. Dan dari hasil simulasi didapatkan koordinasi waktu antara rele jarak dan arus lebih sudah tepat, rele jarak bekerja sesuai *setting* tanpa ada kesalahan pembacaan saat terjadinya gangguan dan rele arus lebih bekerja setelah rele jarak gagal bekerja [2].

Penelitian terkait yang kelima yaitu mengenai “*Distance Relay Protection System Planning on Malang 150 kV Transmission Network Reconfiguration*” Tujuan penelitian ini untuk meminimalisir gangguan pada konfigurasi ulang saluran transmisi Malang Raya. Skenario Zona *setting* rele jarak dibagi menjadi 3 zona proteksi yaitu Gardu Induk Pakis-Sutami, Gardu Induk

2. Diarung mengumumkan dan memperbanyak sebagai tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. Sutami-Sengkaling, Gardu Induk Sengkaling-Lawang, Gardu Induk Lawang-Pakis. Penelitian ini menganalisa gangguan 3 fasa dengan perbedaan lokasi gangguan menurut zona proteksi. Berdasarkan hasil simulasi, Zona 1 memindai gangguan pada jarak 27.616 km dengan waktu 0,02 detik. Zona 2 memindai gangguan pada jarak 48.07 km dengan waktu 0,82 detik. Zona 3 memindai gangguan pada jarak 59,29 km dengan waktu 1,22 detik. Dengan pemasangan sistem proteksi rele jarak, bisa jadi digunakan sebagai acuan untuk menentukan jarak atau lokasi gangguan. Namun kekurangan pada penelitian ini hanya membahas tentang perhitungan manual tetapi tidak ada membahas tentang simulasi yang digunakan dan tidak memberi tahu *software* apa yang digunakan dalam simulasi [21].

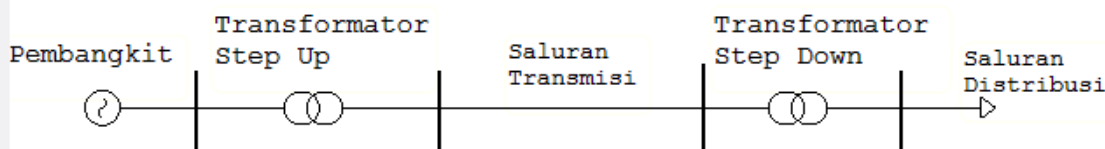
Penelitian terkait yang keenam yaitu mengenai “*Zona Protection System of Transmission Line By Distance Relay using Matlab/Simulink*” Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kesalahan dasar yang umumnya terjadi di saluran transmisi sistem tenaga tiga fasa pada zona yang berbeda dan skema proteksi menggunakan Rele jarak. Impedansi yang digunakan yaitu memakai metode simetris dengan komponen arus tiga fasa dan tegangan yang diukur pada akhir saja. Jaraknya dibagi menjadi zona 1, zona 2 dan zona 3. Penelitian ini dapat membantu meningkatkan faktor daya sistem. Analisis yang diusulkan telah diuji menggunakan *software* Matlab / Simulink untuk satu saluran ke *ground* dan *line to line fault* yang mempertimbangkan variasi kesalahan seperti resistansi, lokasi gangguan, faktor daya, dan arus pendek dari sumber [22].

Dari penelitian-penelitian terkait tersebut dapat disimpulkan bahwa analisis *setting* proteksi rele jarak ini sangat penting dilakukan karena sistem transmisi memegang peranan yang sangat penting dalam proses penyaluran daya, oleh karena itu pengaman pada saluran transmisi perlu mendapat perhatian yang serius dalam perencanaannya. Pengaman utama (*main protection*) yang digunakan pada sistem transmisi 150 kV adalah rele jarak (*Distance Relay*). Sehingga fungsinya dan perannya untuk mengamankan sistem sangatlah penting. Rele jarak harus dapat melindungi instalasi dari kerusakan akibat gangguan sistem yang berupa hubung singkat, sehingga penyaluran tenaga listrik tetap andal. Dalam hal ini peneliti mengangkat judul “**Analisis Scanning Setting Proteksi Distance Relay pada Penghantar 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti Ke Gardu Induk Balai Pungut**”. Penelitian ini mengadopsi dari penelitian terkait ketiga dan keempat. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terkait tersebut yaitu penggunaan *software* dan standar yang digunakan. *Software* yang digunakan pada penelitian terkait yaitu PSCAD sementara penelitian ini menggunakan *software* *DIgSILENT PowerFactory* dan standar yang

digunakan pada peneliti terkait yaitu standar SPLN sedangkan penelitian ini menggunakan standar IEEE C37.113.2015 tentang aplikasi rele proteksi pada saluran transmisi dan NPAG dari Alstom yang merupakan standar umum yang digunakan untuk menentukan *setting* koordinasi proteksi rele jarak di saluran transmisi pada sistem tenaga listrik 150 kV saluran transmisi Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Balai Pungut. *Novelty* dalam penelitian ini adalah akan digunakan metode *scanning* untuk melihat koordinasi antar rele. Belum ada penelitian yang menggunakan perbandingan antara Standar IEEE dan NPAG Alstom dengan standar SPLN No.15 tahun 2014 pada Gardu Induk Garuda Sakti untuk melihat koordinasi antar rele.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan suatu interkoneksi yang saling terintegrasi dihubungkan oleh jaringan transmisi yang mencakup dari bagian sentral atau pusat tenaga listrik hingga ke gardu induk sebagai pusat beban [3]. Generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi hingga ke beban merupakan kumpulan komponen-komponen yang selalu dikaitkan dengan sistem tenaga listrik yang sama-sama terhubung menjadi satu integrasi hingga menciptakan suatu sistem [18]. Sewaktu proses penyaluran tenaga listrik, dengan bantuan transformator *step-up* akan meminimalisir rugi-rugi yang terjadi dengan menaikkan tegangan hingga 150-500 kV, hal ini dikarenakan biasanya pembangkit akan menghasilkan tegangan 6-20kV. Untuk meminimalisasi resiko yang muncul saat saluran transmisi telah mendekati kawasan tinggal penduduk karena tegangan yang terlalu tinggi, dibutuhkan bantuan transformator *step-down* untuk menjadikan tegangan sub transmisi turun menjadi sebesar 70kV. Untuk penyaluran ke konsumen-konsumen besar, tegangan sub transmisi direndahkan ke tegangan 20 kV yang biasanya disebut tegangan distribusi primer. Kemudian, pada gardu gardu distribusi tegangannya akan diturunkan menjadi tegangan rendah yaitu sebesar 380/220 Volt [18]. Diagram satu garis dibawah ini merupakan sketsa proses penyaluran energi listrik mulai dari pusat pembangkit hingga ke konsumen :



Gambar 2.1. Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik [23]

Definisi Sistem Interkoneksi dan Sistem Terisolir

Sistem Interkoneksi

Pada umumnya sistem interkoneksi memiliki banyak pusat listrik yang tinggi hingga diatas 1000 MW serta memiliki pusat beban yang biasa disebut gardu induk (GI). Saluran transmisi akan menghubungkan sistem ini, sehingga sistem ini dapat beroperasi dan saling terinterkoneksi satu sama lainnya. Pada tiap-tiap gardu induk terdapat suatu subsistem distribusi yang rata-rata tidak terhubung listrik satu sama lain, dikarenakan pada setiap gardu induk akan didapati beban yang memerlukan suatu subsistem distribusi yaitu jaringan distribusi yang menyediakan tenaga listrik para konsumennya [5].

Sebagian dari sistem interkoneksi yang terdiri dari sebuah pusat listrik, dua buah GI beserta sistem distribusinya. Karena operasi pusat-pusat listrik dalam sistem interkoneksi saling mempengaruhi satu sama lain, maka perlu ada koordinasi operasi. Koordinasi operasi dilakukan oleh pusat pengatur beban. Koordinasi terutama meliputi [5]:

- Koordinasi pemeliharaan
- Pembagian beban yang ekonomis
- Pengaturan frekuensi
- Pengaturan tegangan
- Prosedur mengatasi gangguan

Sistem Terisolir

Sistem yang terisolir adalah sistem yang hanya mempunyai sebuah pusat listrik saja dan tidak ada interkoneksi antar pusat listrik serta tidak ada hubungan dengan jaringan umum (interkoneksi milik PLN). Sistem terisolir misalnya terdapat di industry pengolahan kayu yang berada di tengah hutan atau pengeboran minyak lepas pantai yang berada ditengah laut [5].

Pada sistem yang terisolir, pembagian beban hanya dilakukan diantar unit-unit pembangkit di dalam suatu pusat listrik sehingga tidak ada masalah penyaluran daya antara pusat listrik sehingga tidak ada masalah penyaluran daya antara pusat listrik seperti halnya pada sistem interkoneksi [5].

Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan sarana penghubung dari pembangkit listrik menuju distributor station hingga sampai ke masyarakat pengguna listrik yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik [23]. Terdapat 2 jenis saluran transmisi listrik, diantaranya yaitu saluran

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kabel tanah (*underground cable*) dan saluran udara (*overhead lines*). Melalui kawat-kawat pada tiang transmisi atau menara yang digantung dengan perantara bahan isolator, dan dengan bantuan kabel-kabel yang ditanam dibawah permukaan tanah, saluran udara dan saluran kabel tanah ini dapat menyalurkan daya listrik.

Berdasarkan jenis arus yang ditransmisikan, diperoleh jenis sistem arus bolak-balik (*Alternating Current*, AC) serta sistem searah (*Direct Current*, DC). Akan tetapi, karena dalam transformasi tegangan AC jauh lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan sistem transformasi tegangan DC, maka sistem AC merupakan sistem yang hampir digunakan pada semua saluran transmisi [23].

Berdasarkan panjang salurannya, saluran transmisi dibagi menjadi tiga kategori untuk keperluan analisis dan perhitungannya, antara lain [23]:

Saluran Transmisi Pendek

Jarak saluran transmisi ini berada kurang dari 80 km.

Saluran Transmisi Menengah

Jarak saluran transmisi ini berada diantara lebih dari 80 km – kurang dari 250 km.

Saluran Transmisi Panjang

Jarak saluran transmisi ini berada diatas 250 km.

Berdasarkan sistem transmisi dan kapasitas tegangan yang disalurkanannya, saluran transmisi dibedakan menjadi 5 kategori, yaitu [23]:

Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT)

Saluran transmisi ini mempunyai kapasitas tegangan yang disalurkan antara 30-150 kV.

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Saluran transmisi ini mempunyai kapasitas tegangan yang disalurkan antara 30-150 kV.

Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)

Saluran transmisi ini mempunyai kapasitas tegangan yang disalurkan antara 200-500 kV.

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran transmisi ini mempunyai kapasitas tegangan yang disalurkan antara 6-20 kV.

Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Saluran transmisi ini mempunyai kapasitas tegangan yang disalurkan antara 40-1000 V.

2.5 Sistem Proteksi Saluran Transmisi Tenaga Listrik

Untuk mengamankan komponen-komponen listrik yang dipasang pada saluran transmisi dalam menyalurkan energi listrik mulai dari pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga sampai ke konsumen pengguna listrik melalui saluran distribusi listrik (*substation distribution*) dibutuhkan sistem proteksi pada saluran transmisi tenaga listrik [3]. Penerapan sistem proteksi pada saluran transmisi tenaga listrik digunakan agar ketika terjadi gangguan pada saluran transmisi yang berhubungan dengan komponen-komponen listrik yang dipasang, tidak mengalami kerusakan yang fatal bagi komponen terkait dan lingkungan sekitarnya, termasuk saat dilakukannya perawatan (*maintenance*) di kondisi sedang menyala. Demi mengamankan sistem, manusia yang sedang melakukan perawatan dan lingkungan di sekitarnya saat melakukan pemeliharaan, maka proteksi yang dipasang harus bekerja dengan baik. Jika pengamanan bekerja dengan baik, maka para pekerja bisa melakukan perawatan saluran transmisi dalam kondisi yang memiliki tegangan [3].

Berdasarkan besar tegangannya, transmisi tenaga listrik di negara Indonesia tergolong dalam beberapa kategori. Transmisi sebesar 500 kV merupakan transmisi yang sangat tinggi, negara Indonesia masih menggunakan sistem ini. Jenis lainnya yaitu transmisi dengan besar tegangan 150 kV. Kemudian ada lagi transmisi dengan besar tegangan 75 kV. Untuk besar tegangan yang berada dibawah 75 kV disebut dengan distribusi tenaga listrik [18].

Rele merupakan bagian dari sistem proteksi atau sebagai pengamanan yang berfungsi sebagai pengamanan alat maupun pengamanan sistem lainnya, sistem tersebut dapat merasakan gangguan dengan waktu yang sangat singkat bisa terdeteksi dan cepat diamankan. Sehingga sistem tidak mengalami kerusakan yang cukup serius akibat terlalu lamanya gangguan yang terjadi. Pada saluran transmisi dapat terjadi gangguan berupa:

- Gangguan transmisi akibat hilangnya salah satu kabel fasa disebabkan dicuri oleh manusia
- Gangguan transmisi akibat sambaran petir.
- Gangguan transmisi akibat hubung singkat

2.5.1 Tujuan Sistem Proteksi

Adapun tujuan utama sistem proteksi antara lain sebagai berikut [5]:

- Mencegah kerusakan peralatan yang terganggu maupun peralatan yang dilalui arus gangguan

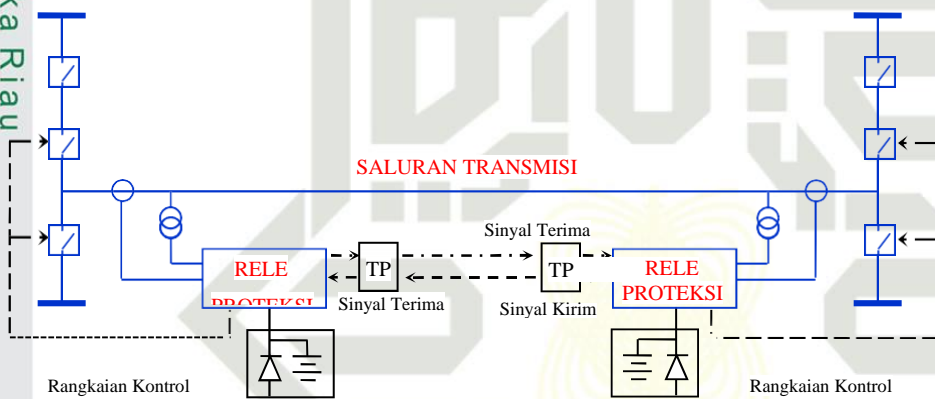
Mengisolir bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin dan secepat mungkin

Mencegah meluasnya gangguan

Untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik

Proteksi dan Kontrol Penghantar

Gangguan yang muncul secara sementara dan permanen pada penghantar saluran tenaga tegangan tinggi maupun saluran udara tenaga ekstra tinggi untuk mengamankan penghantar yaitu berdasarkan dari sistem proteksi bay penghantar [15]. Sistem proteksi bay penghantar memiliki bagian-bagian yang dapat diilustrasikan pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 yang ada dibawah ini :



Gambar 2.2 Typical Komponen Sistem Proteksi SUTET [15]

Untuk melindungi peralatan, keamanan sistem dan untuk menjaga pelayanan kepada konsumen tetap berkelanjutan adalah tujuan utama mendesain peralatan proteksi. Untuk memelihara agar peralatan dan keamanan pada sistem yang ada pada sistem tenaga listrik terhindar dari gangguan terutama gangguan yang sering terjadi yaitu hubung singkat. Adanya mechanical stress dan thermal yang terjadi akibat adanya gangguan arus hubung singkat yang dapat merusak sistem tenaga listrik. Maka, sistem proteksi dirancang agar proteksi bekerja dengan *sensitif, cepat, selektif dan andal* [15].

Sistem Proteksi harus memenuhi syarat sebagai berikut [15] :

Sensitif adalah kemampuan sistem proteksi mendeteksi gangguan terkecil dalam perlindungan zona.

Andal adalah akan bekerja saat dibutuhkan (dependability) dan tidak akan bekerja saat tidak dibutuhkan (security).

Selectif adalah kemampuan sistem proteksi menghilangkan kesalahan dalam waktu sesingkat mungkin dengan cara pemutusan komponen sistem.

Cepat yaitu kemampuan sistem proteksi untuk beroperasi dalam waktu singkat setelah terjadinya gangguan.

Peralatan-peralatan proteksi terdiri dari [15]:

Rele proteksi berfungsi untuk mendeteksi adanya masalah

Pemutus tenaga (PMT) sebagai alat untuk membuka atau menutup rangkaian listrik yang mengalami beban kondisi, dan dapat membuka atau menutup bila ada arus gangguan (korsleting) pada jaringan atau peralatan lainnya

Trafo arus (CT) dan trafo tegangan (PT) berfungsi untuk digunakan untuk mengukur arus dan tegangan dari rangkaian lain.

Sumber arus searah (batere) berfungsi perangkat yang menyimpan energi kimia dan mengubahnya menjadi energi listrik

Pengawatan (*wiring*) berfungsi untuk menghubungkan bagian-bagian dalam proteksi.

Rangkaian pengawatan catu daya yang di sebut *wiring*, *Potential Transformer* (PT) , *Current Transformer* (CT), Pemutus Tenaga (PMT) dan Rele Proteksi adalah komponen-komponen yang terdapat pada sistem proteksi. [15].



Gambar 2.3 Typical Komponen Sistem Proteksi SUTT [15]

Unit proteksi penghantar yaitu wilayah kerja proteksi diantara dua atau lebih Current transformer (CT) pada gardu intuk yang saling bersebrangan. Bagian-bagian utama yang dimiliki oleh rele proteksi dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini:

UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.4 Komponen Utama Rele Proteksi [15]

Pola Proteksi Penghantar

Source to Impedance Ratio (SIR) adalah membandingkan nilai impedansi dari sumber terhadap nilai impedansi dari saluran. Dimana SIR ini adalah salah satu syarat yang perlu diperhatikan untuk menentukan pola proteksi pada saluran transmisi [20]. Skema proteksi rele jarak (*distance relay*) dan saluran rele diferensial (*line current differential*) adalah proteksi umum pada penghantar yang sering digunakan [15].

Saluran transmisi bisa dibagi menjadi tiga kelompok yaitu menjadi saluran pendek, saluran sedang dan saluran panjang. Panjang saluran transmisi bisa dikelompokkan berdasarkan perbandingan nilai impedansi dari sumber terhadap nilai impedansi dari saluran yang diproteksi (*Source to Impedance Ratio* = SIR). Panjang saluran transmisi bisa dibagi ke dalam kelompok saluran pendek dengan perbandingan nilai impedansi $SIR \geq 4$, Saluran sedang dengan perbandingan nilai impedansi $0.5 < SIR < 4$, Saluran panjang dengan perbandingan nilai impedansi SIR yang sangat kecil atau $SIR \leq 0.5$ [15].

Pengelompokan pada saluran pendek, saluran sedang dan saluran panjang dapat berbeda-beda pada sistem tegangan yang berbeda. Untuk sistem tegangan yang lebih besar dengan SIR yang sama akan mendapatkan hasil panjang saluran yang lebih besar, tetapi jika semakin kuat SIR berarti semakin kecil sumber yang memasok saluran transmisi, kedua hal inilah yang menunjukkan kekuatan sistem SIR yang akan diproteksi. Pada Tabel 2.1 menunjukkan bahwa untuk bay penghantar dapat dibagi golongan pola proteksinya seperti dibawah ini:

2.7.1 Pola Proteksi Penghantar 150 kV

Tabel 2.1 Pola Proteksi Penghantar 150 kV (TT) SPLN T5.002-1:2010 [15]

Saluran yang Diproteksi	Proteksi Utama	Proteksi Cadangan	Saluran Telekomunikasi
Saluran TT 150 kV Pend (SIR > 4)	Teleproteksi CD	Cad 1: Z+DEF (DEF Optional) Cad 2: OCR + GFR	FO
Saluran TT 150 kV Sedang (SIR > 4)	Teleproteksi Z+ DEF (DEF Optional)	OCR + GFR	PLC / FO
Saluran SKTT 150 kV Pendek	Pilot wire CD	OCR + GFR	FO

150 kV Sedang	Teleproteksi CD	OCR + GFR	Pilot wire / FO
------------------	-----------------	-----------	--------------------

2.8 Distance Relay

Salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai impedansi adalah *distance relay*. Ketika impedansi yang diukur dari besaran arus CT dan tegangan PT/CVT lebih kecil dari impedansi setelan maka *distance relay* akan bekerja. Relai ini juga dapat digunakan sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar didepannya disamping dapat sebagai proteksi utama penghantar [5].

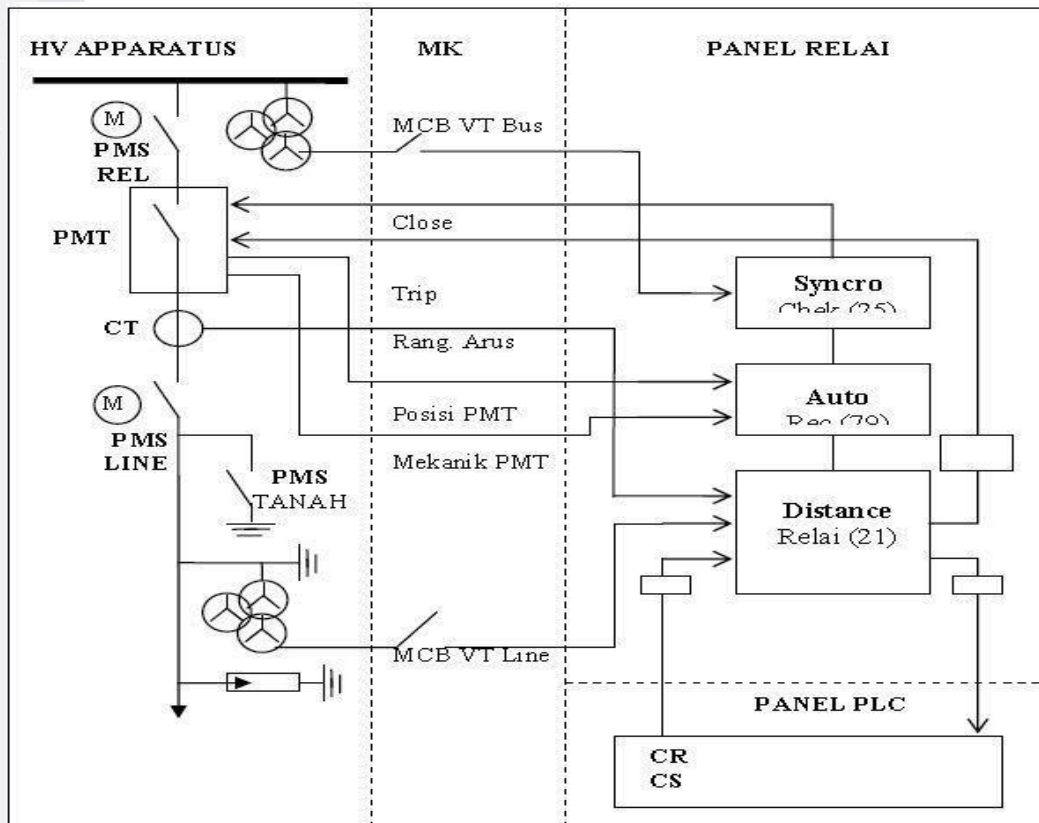
Proteksi Utama (Zona 1)

Distance relay yang berfungsi sebagai proteksi utama harus dapat bekerja tanpa waktu tunda dengan jangkauan terbatas pada seksi (*section*) penghantar itu sendiri. Faktor kesalahan (*percentage error*) CT, PT/CVT, relai proteksi, faktor keamanan (*safety margin*) dari impedansi saluran menjadi bahan pertimbangan yang perlu dilakukan. Begitu juga pada parameter jaringan, zona 1 akan di-*setting* terjangkau diantara nilai 85% - 90% [15].

Proteksi Cadangan Jauh (Zona 2 dan Zona 3)

Distance relay juga dapat berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh, hal ini dikarenakan apabila proteksi utama seksi didepannya gagal bekerja maka proteksi ini sebagai cadangan untuk membantu. Pada umumnya nilai zona 2 yang di-*setting* memiliki waktu tunda antara 300-800 milidetik, disesuaikan dengan minimum mencapai impedansi saluran sampai dengan gardu induk didepannya (tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di GI depannya). Dan nilai zona 3 yang di-*setting* memiliki waktu tunda maksimum 1600 milidetik, disesuaikan dengan jangkauan mencapai impedansi saluran sampai dengan 2 (dua) gardu induk terjauh didepannya (terbesar secara impedansi, tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di GI depannya). Proteksi cadangan jauh tidak di-*setting* sampai memasuki daerah impedansi transformator didepannya [15].

Pada lokasi yang sama, relai jarak akan bekerja dengan cara membandingkan arus dan tegangannya. Pada suatu sistem transmisi, baik SUTT maupun SUTET, rele jarak atau *distance relay* digunakan sebagai pengaman utama (*main protection*) serta sebagai cadangan atau *backup*



Gambar 2.5 Block diagram Rele Jarak [24]

Distance relay merupakan rele proteksi yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh Rele adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah sirkuit. Parameter-parameter yang dibahas dalam mendesain *distance relay*, diantaranya yaitu di desain untuk merespon arus, tegangan dan perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan. Hal ini dilakukan guna mengukur atau menghitung nilai impedansi yang di baca oleh rele, serta sebanding dengan jarak gangguan.

Dengan membagi besaran tegangan dan arus, rele jarak akan mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang terlihat dari rele sehingga dapat ditentukan nilai dari impedansi sampai ke titik terjadinya gangguan. Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [5] :

Impedansi (Ohm)

Tegangan (Volt)

Arus gangguan (Ampere)

Apabila impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi *setting* rele ($Z_f < Z_R$) maka rele akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi *setting*, sebaliknya apabila impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi *setting* ($Z_f > Z_R$) maka rele tidak akan bekerja [5].

Parameter-parameter input akan mempengaruhi perhitungan nilai *setting*. Maka, yang harus diketahui sebelum melakukan perhitungan nilai *setting* adalah mengetahui apa saja parameter-parameter tersebut, diantara parameter tersebut adalah [5]:

Rele Proteksi

Data konfigurasi jaringan

Data Peralatan Bantu

Konduktor

Data Arus Hubung Singkat Sistem

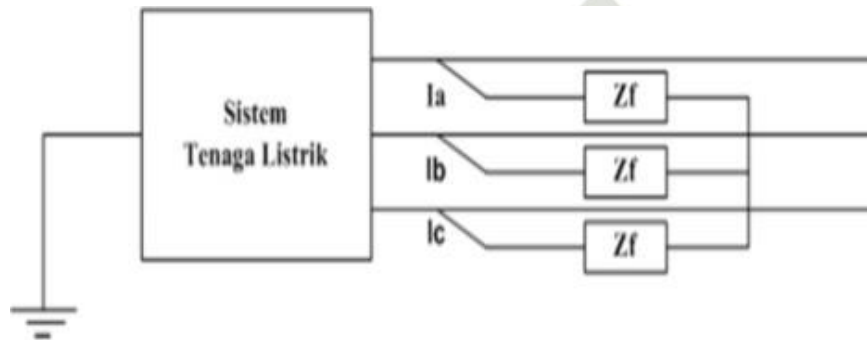
Pengaruh Rasio Impedansi Sumber dan saluran

Agar dapat melihat pengaruh rasio impedansi sumber dan impedansi saluran terhadap Rele pada berbagai arus gangguan yang dapat dilihat pada suatu sistem tenaga listrik, seperti digambarkan pada single diagram. Tegangan V yang diterapkan pada rangkaian impedansi tertutup adalah tegangan open circuit dari sistem tenaga tersebut. Titik R merupakan lokasi Rele sedang IR dan VR adalah arus dan tegangan yang diukur dan dirasakan oleh Rele. Impedansi Z_s dan Z_L digambarkan sebagai impedansi sumber dan impedansi saluran sesuai dengan posisi mereka terhadap lokasi Rele. Impedansi sumber Z_s [5].

Menurut jenis gangguan pada sistem tenaga listrik, terdiri dari gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dua fasa ke tanah dan satu fasa ke tanah. Rele jarak sebagai pengaman utama harus dapat mendeteksi semua jenis gangguan dan kemudian memisahkan sistem yang terganggu dengan sistem yang tidak terganggu [5].

Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Kemungkinan terjadinya gangguan 3 fasa adalah putusnya salah satu kawat fasa yang berada paling atas pada transmisi atau distribusi, dengan konfigurasi kawat antar fasanya disusun secara vertikal. Kemungkinan terjadinya memang sangat kecil, tetapi dalam analisisnya tetap harus dipertimbangkan. Kemungkinan lain adalah akibat pohon yang cukup tinggi dan berayun sewaktu angin kencang, kemudian menyentuh ketiga kawat pada transmisi atau distribusi.



Gambar 2.6 Gangguan Hubung singkat 3 Fasa ke tanah [25]

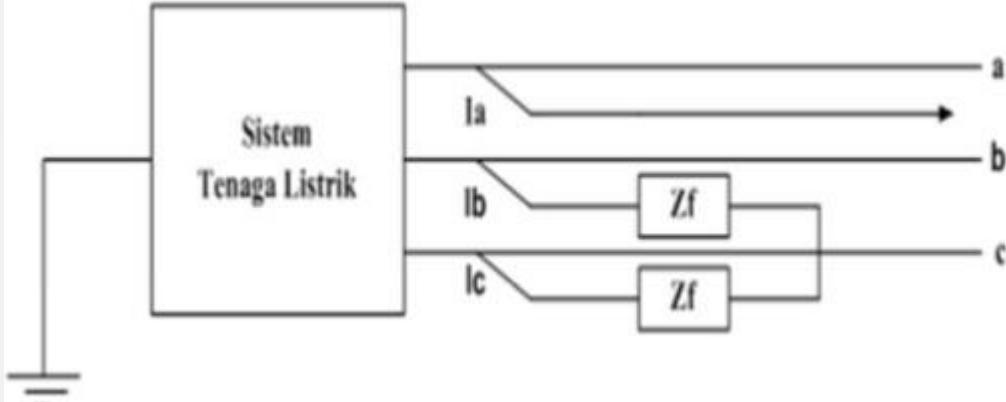
Pada saat terjadi gangguan tiga fasa yang simetris, maka amplitudo tegangan fasa V_R, V_S, V_T turun, namun beda fasanya tetap 120° listrik. Impedansi yang diukur Rele jarak pada saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa adalah sebagai berikut [25] :

$$\begin{aligned}
 R_{le} &= R \\
 X_{le} &= X \\
 Z_{le} &= \frac{R}{1 + j\frac{X}{R}} \quad (2.2)
 \end{aligned}$$

Dimana,
 R = Impedansi terbaca oleh Rele
 X = Tegangan fasa ke netral
 V = Arus fasa

2.9.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Kemungkinan terjadinya gangguan 2 fasa disebabkan oleh putusnya kawat fasa tengah pada transmisi atau distribusi. Kemungkinan lainnya adalah dari rusaknya isolator di transmisi atau distribusi sekaligus 2 fasa. Gangguan seperti ini biasanya mengakibatkan 2 fasa ke tanah.



Gambar 2.7 Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah [25]

Untuk mengukur impedansi pada saat terjadi gangguan hubung singkat dua fasa, tegangan yang masuk ke komparator Rele adalah tegangan fasa yang terganggu, sedangkan arusnya adalah selisih (secara vektor) arus-arus yang terganggu. Misalkan terjadi hubung singkat antara fasa S dan T, maka pengukuran impedansi untuk hubung singkat antara fasa S dan T adalah sebagai berikut [25] :

$$\begin{aligned} V_{Rele} &= V_S - V_T \\ I_{Rele} &= I_S - I_T \\ Z_R &= \frac{V_{relai}}{I_{relai}} = \frac{(V_S - V_T)}{(I_S - I_T)} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Untuk mengukur impedansi pada saat hubung singkat satu fasa ke tanah, tegangan yang dimasukkan ke Rele adalah tegangan yang terganggu, sedangkan arus fasa terganggu di tambah arus sisa dikali faktor kompensasi. Misalnya terjadi gangguan hubung singkat satu fasa R ke tanah, maka pengukuran impedansi dilakukan dengan cara sebagai berikut [25] :

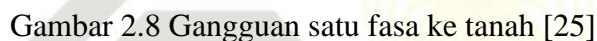
$$\text{Tegangan pada Rele} : V_{Rele} = V_R \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{Arus pada Rele} : I_{Rele} = I_R + K_0 \cdot I_n \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\text{Arus netral} : I_n = I_R + I_S + I_T \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\text{Kompensasi urutan nol} : K_0 = \frac{1}{3} \left(\frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

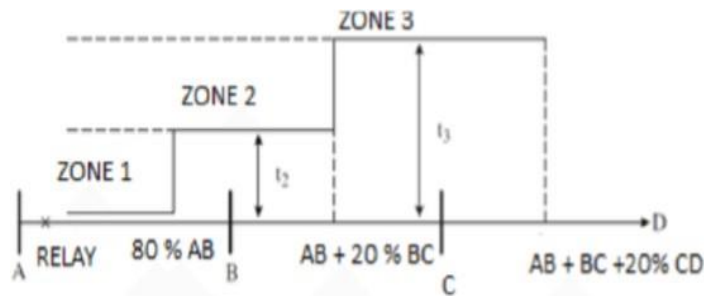
Kemungkinan terjadinya gangguan satu fasa ke tanah adalah *back flashover* antara tiang dan satu kawat transmisi dan distribusi. Sesaat setelah tiang tersambar petir yang besar namun tahanan kaki tiangnya cukup rendah namun bisa juga gangguan fasa ke tanah ini terjadi di salah satu kawat fasa transmisi/distribusi tersentuh pohon yang cukup tinggi dll.



Zona Proteksi

Penyetelan Daerah Jangkauan pada rele Jarak pada dasarnya bekerja mengukur impedansi saluran, apabila impedansi yang terukur/dirasakan rele lebih kecil impedansi tertentu akibat gangguan ($Z_{set} < Z_F$) maka Rele akan bekerja. Prinsip ini dapat memberikan selektivitas pengamanan, yaitu dengan mengatur hubungan antara jarak dan waktu kerja rele.

Penyetelan Rele jarak terdiri dari tiga daerah pengamanan, Penyetelan Zona-1 dengan waktu kerja rele t_1 , Zona-2 dengan waktu kerja rele t_2 , dan Zona-3 waktu kerja rele t_3 . Zona Proteksi rele jarak (*distance relay*) membagi daerah operasinya menjadi beberapa daerah (Zona), dimana setiap area atau zona memiliki reaksi rele jarak yang berbeda-beda. Berikut ini penjelasan area cakupan (Zona) pada rele jarak (*distance relay*) [5].



Gambar 2.9 Rele Jarak (*Distance Relay*) [5]

10.1 Penyetelan Zona-1

Dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan dari data saluran, CT, PT, dan peralatan penunjang lain sebesar 10% – 20 %, Zona-1 Rele disetel 80 % dari panjang saluran yang diamankan. Penyetelan perlambatan waktu untuk daerah proteksi ini (t_1) umumnya tanpa perlambatan waktu dengan maksud bahwa penyetelan waktu adalah nol. Untuk menghitung zona 1, dapat dituliskan sebagai berikut [5]:

- Perhitungan Jangkauan Zona 1

$$Z_1 = 85\% \cdot L_1 \quad (2.9)$$

- Perhitungan Impedansi

$$1. Z_p = Z_1 \times Z_{\text{saluran}} \quad (2.10)$$

$$2. Z_s = Z_{\text{primer}} \times \frac{CT_{\text{primer}} \times VT_{\text{sekunder}}}{CT_{\text{sekunder}} \times VT_{\text{primer}}} \quad (2.11)$$

Waktu kerja Rele seketika, ($t_1 = 0$) tidak dilakukan penyetelan waktu.

10.2 Penyetelan Zona-2

Prinsip penyetelan Zona-2 adalah berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut

$$\text{Zona-2 min} = 1,2 \cdot ZL_1 \quad (2.12)$$

$$\text{Zona-2 maks} = 0,8 (Z L_1 + 0,8. ZL_2) \quad (2.13)$$

Dengan :

ZL_1 = Impedansi saluran yang diamankan.

ZL_2 = Impedansi saluran berikutnya yang terpendek (Ω)

Waktu kerja Rele $t_2 = 0.4$ s/d 0.8 dt.

10.3 Penyetelan Zona-3

Prinsip penyetelan Zona-3 adalah berdasarkan pertimbangan sebagai berikut

$$I_{Zona-3} \min = 1.2 (ZL_1 + 0.8.ZL_2) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$I_{Zona-3} \max = 0.8 (ZL_1 + 1.2.ZL_2) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$I_{Zona-3} \max_2 = 0.8 (ZL_1 + k.Z_{Trf}) \dots\dots\dots (2.16)$$

di :
 ZL_1 = Impedansi saluran yang diamankan
 ZL_2 = Impedansi saluran berikutnya yang terpanjang

Waktu kerja Rele $t_3 = 1.2 \text{ s/d } 1.6 \text{ dt.}$

10.4 Peyetelan Zona-3 Reverse

Fungsi penyetelan Zona-3 reverse adalah digunakan pada saat pemilihan teleproteksi pola blocking. Dasar peyetelan Zona-3 reverse ada dua jenis [5] :

Bila $Z_3 \text{ rev}$ memberi sinyal trip.

$$Z_{Zona-3 \text{ rev}} = 1.5 Z_2 - ZL_1 \dots\dots\dots (2.17)$$

Bila $Z_3 \text{ rev}$ tidak memberi sinyal trip.

$$Z_{Zona-3 \text{ rev}} = 2 Z_2 - ZL_1 \dots\dots\dots (2.18)$$

10.5 Penyetelan Starting

Fungsi *starting* Rele jarak adalah [5] :

Mendeteksi adanya gangguan.

Menentukan jenis gangguan dan memilih fasa yang terganggu.

Prinsip penyetelan starting di bagi 2, yaitu [5]:

Starting arus lebih :

$$I \text{ fasa-fasa} = 1.2 \text{ CCC atau } ct \dots\dots\dots (2.19)$$

$$I \text{ fasa-netral} = 0.1. \text{ CCC atau } ct \dots\dots\dots (2.20)$$

Starting impedansi

$$Z_{smn} = 1.25 \times \text{Zona-3} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Z_{s \max} = 0.5 \times kV / (CCC \text{ atau } Ct \times \sqrt{3}) \dots\dots\dots (2.22)$$

2.10.6 Penyetelan Resistif Reach

Fungsi penyetelan resistif reach adalah mengamankan gangguan yang bersifat high resistance. Prinsip penyetelan resistif reach (R_b) tidak melebihi dari kriteria setengah beban ($1/2$ beban) [5]:

1. Untuk system 70 kV:

$$R_b = 15 \times \text{Zona-1} \times k_0 \times 2 \dots\dots\dots(2.23)$$

2. Untuk system 150 dan 500 kV:

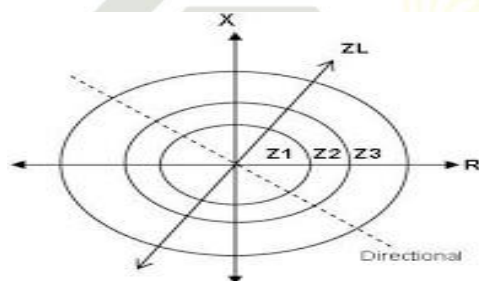
$$R_b = 8 \times \text{Zona-1} \times k_0 \times 2 \dots\dots\dots(2.24)$$

2.11 Jenis-jenis Karakteristik Rele Jarak

Berdasarkan karakteristik kerjanya Rele jarak dibagi menjadi [5] :

2.11.1 Rele Jarak Karakteristik Impedansi

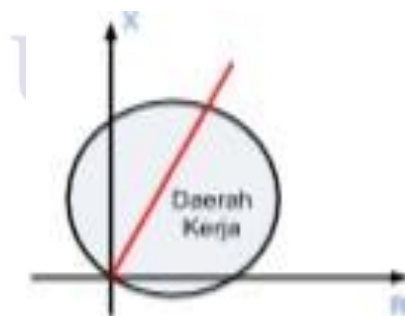
Merupakan lingkaran dengan titik pusatnya di tengah – tengah. Sehingga mempunyai sifat tidak berarah (*non directional*)



Gambar 2.10 Karakteristik Rele impedansi dengan diagram R – X [5]

2.11.2 Rele jarak Karakteristik Mho

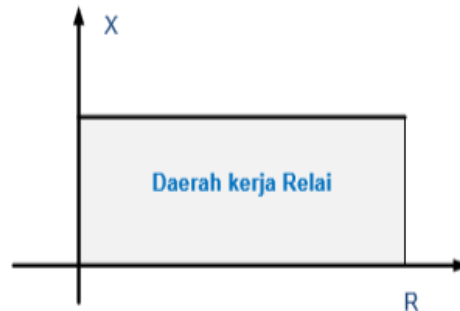
Karakteristik Rele Mho merupakan suatu lingkaran yang melalui titik pusat. Rele jarak Mho tidak perlu ditambahkan lagi Rele Arah karena Rele telah berarah.



Gambar 2.11 Karakteristik Rele jarak Mho [5]

2.11.3 Rele Jarak Karakteristik Reaktansi

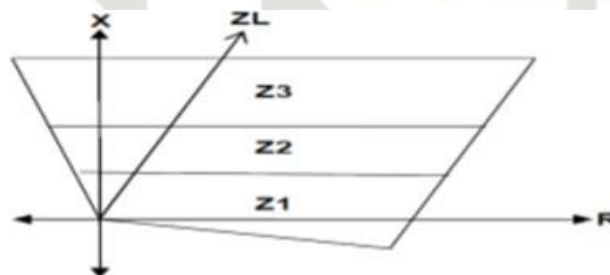
Karakteristik reaktansi adalah Mempunyai sifat non directional. Untuk aplikasi di SUTT (Sistem Tenaga Tegangan Tinggi) perlu di tambah rele directional. Rele ini hanya mengukur komponen reaktif dari impedansi jaringan.



Gambar 2.12 Karakteristik Reaktansi [5]

2.11.4 Rele Jarak Karakteristik Quadrilateral

Karakteristik quadrilateral adalah Merupakan kombinasi dari 3 macam komponen yaitu Reaktansi, Berarah, Resistif. Dengan setting jangkauan resistif cukup besar maka karakteristik Rele quadrilateral dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan tahanan tinggi.



Gambar 2.13 Karakteristik Quadrilateral [5]

2.12 Konstruksi Rele Jarak

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi sebuah perancangan konstruksi rele jarak. Karena adanya berbagai macam jenis gangguan dan parameter yang dimasukkan dalam pengukuran oleh karena itu rele jarak memiliki konstruksi yang rumit dan kompleks. Walaupun perangkat seperti rele jarak memiliki prinsip kerja dengan mengukur impedansi secara teknis dan membandingkannya dengan tegangan dan arus. Dibawah ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi konstruksi rele jarak yaitu [15]:

Ketika gangguan yang terjadi sangat kecil maka rele tidak bisa menentukan letak.

Adanya *loop fault impedance* dan beragam gangguan impedansi lingkaran sirkuit yang perlu diukur.

Banyaknya macam-macam gangguan.

Tahanan pada gangguan yang memiliki banyak variasi.

Impedansi kawat yang ada berbeda-beda karena impedansi saluran yang saling berhadapan.

Adanya konfigurasi pada sistem transmisi (*single, double* atau banyak terminal).

Berbeda dengan konstruksi rele konvensional, sejauh ini sangat jarang buku yang membahas konstruksi rele numerik. Disamping terbatasnya buku, salah satu kesulitan dalam mengurangi konstruksi rele jarak antara lain adalah karena rele jarak tidak lagi semata-mata merupakan perangkat keras tetapi juga sudah tidak terlepas dari perangkat lunak yang saling terintegrasi. Rele jarak biasanya memiliki beragam elemen seperti *unit starting* yang artinya pengukuran dimulai pada saat kapan dengan algoritma, modul untuk logika dan mengukur jarak. Hal ini semuanya disatukan dan disusun untuk memperoleh tingkat selektifitas dan tingkat keandalan yang tinggi pada rele.

Pertimbangan biaya harus dilakukan untuk kecepatan operasi dalam melakukan praktek variasi jenis rele jarak yang berhubungan dengan kebutuhan kapasitas rele, perangkat keras dan perangkat lunak. Ada banyak jenis rele jarak yang sering dijumpai diantaranya adalah [15] :

Semua kesalahan pada fasa dicakup oleh ketiga elemen pada setiap fasa terdapat elemen pengukur tunggal yang menjadi fitur pada rele.

Elemen pengukur tunggal biasa digunakan untuk beragam jenis pengukuran gangguan dengan sistem yang disebut *switched distance relay*. Cara mengenali fasa yang mengalami gangguan bisa dengan mengaktifkan perangkat pengemulasi elemen penghasut (*starter*) lalu elemen penghasut ini bisa mengaktifkan elemen pengukur impedansi gangguan yang disebut dengan modul algoritma.

Reached-stepped distance Rele adalah elemen *starter* yang tersetting ke nilai awal secara otomatis dengan waktu pada daerah cakupan. Fasilitas setting hasil meningkat secara pesat pada masing-masing daerah ke daerah yang lain pada setiap sirkuit impedansi memiliki seperangkat elemen pengukur impedansi.

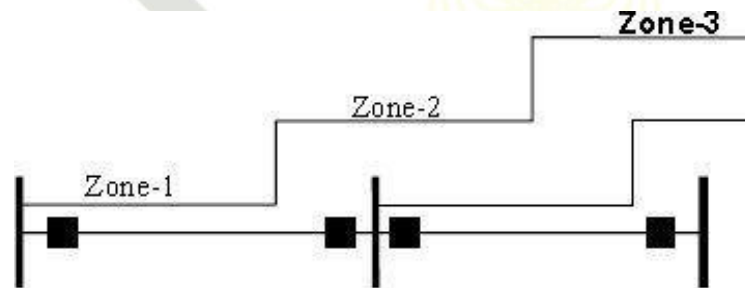
Full distance scheme adalah pengukuran yang tidak terikat pada masing-masing sirkuit lingkaran gangguan impedansi yang terdapat pada setiap elemen pengukur yang ada di zona yang terjadi gangguan, yang memiliki fleksibilitas yang ada pada sistem yaitu bisa membuat

kinerja tertinggi khususnya pada kecepatan

Proteksi *Distance Relay* konvensional memiliki tiga zona yang bisa menangkap semua jenis gangguan yang membutuhkan banyak detektor dan lebih dari satu elemen pengukur impedansi yang dalam prakteknya secara khusus terpisah antara satu dengan yang lain tergantung dengan karakteristik gangguan dan setting proteksi yang berbeda. Pada teknologi elektromagnetik, untuk merakit kabel interkoneksi diperlukan elemen pengukur dan panel untuk meletakkan rele yang terpisah pada masing-masing rumah pada setiap bus elemen pengukuran.

Aplikasi Rele Jarak

Pengaplikasian Rele jarak digunakan sebagai pengamanan pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penyetelannya relatif mudah [5]. Dalam saluran transmisi agar proteksi bekerja dengan selektif, andal, dan cepat maka saluran transmisi memiliki teleproteksi (TP) yang mempunyai 3 daerah jangkauan proteksi yaitu Zona 1, Zona 2 dan Zona 3. Prinsip kerja rele jarak adalah dengan mengukur nilai impedansi (Z) serta rele jarak sebagai cadangan untuk seksi didepannya baik pada Saluran Udara Tegangan Tinggi maupun Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi [5].



Gambar 2.14 Contoh Peletakan Pengaplikasian Rele Jarak [5]

15.1 DIGSILENT POWERFACTORY 15.1

Program perhitungan DIGSILENT *PowerFactory*, adalah *engineering tool* yang berguna untuk melakukan analisis transmisi, distribusi, dan sistem tenaga listrik industri. *Software* ini telah dirancang sebagai perangkat lunak terintegrasi dan interaktif yang canggih dan *software* ini didedikasikan untuk sistem dan kontrol tenaga listrik analisis untuk mencapai tujuan utama yaitu perencanaan dan optimalisasi operasi.

“DIGSILENT” adalah singkatan dari “**D**igital **S**imLation of **E**lectrical **N**eTworks”. *PowerFactory* dirancang dan dikembangkan oleh insinyur dan programmer yang berkualifikasi

bertahun-tahun dalam analisis sistem tenaga listrik dan pemrograman komputer. Akurasi hasil yang diperoleh dengan *PowerFactory* telah dikonfirmasi dalam banyak dokumentasi oleh organisasi yang terlibat didalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga listrik di seluruh dunia [26].

Untuk memenuhi persyaratan dalam menganalisis sistem daya, *PowerFactory* dirancang sebagai *engineering tool* yang terintegrasi dan menyediakan rangkaian yang lengkap dengan fungsi analisis sistem tenaga yang tersedia dalam satu program yang dapat dieksekusi. Salah satu fitur utama dari *software DIGSILENT PowerFactory* meliputi [26]:

Fungsi inti *PowerFactory*: definisi, modifikasi, dan organisasi kasus, rutinitas inti numerik, fungsi *output* dan dokumentasi.

Grafik garis tunggal interaktif dan data penanganan kasus yang terintegrasi.

Elemen sistem tenaga yang berbasis data dari kasus-kasus dasar.

Fungsi kalkulasi terintegrasi (misalnya kalkulasi parameter garis dan mesin yang berdasarkan informasi geometri atau papan nama/*nameplate*).

Konfigurasi jaringan sistem tenaga yang terhubung dengan SCADA interaktif atau *on-line*. *Interface* umum untuk sistem pemetaan berbasis komputer.

Dan hanya dari penggunaan database tunggal, dengan semua data yang dibutuhkan untuk semua peralatan dari dalam sistem tenaga (misalnya data saluran, data generator, data proteksi, data harmonik, data pengontrol), artinya *PowerFactory* bisa dengan mudah menjalankan semua fungsi simulasi yang tersedia dalam satu lingkungan program yang sama. Beberapa fungsi yang tersedia dalam *DIGSILENT PowerFactory* yaitu seperti analisis aliran beban/*load flow analysis*, perhitungan hubung singkat/*short circuit calculation*, analisis harmonik/*harmonic analysis*, koordinasi proteksi/*protection coordination*, analisis stabilitas/*stability analysis*, dan analisis modal/*modal analysis*.

2.14.1 *PowerFactory Simulation Function*

PowerFactory menggabungkan daftar fungsi simulasi dengan lengkap, yang dijelaskan secara detail seperti berikut ini [26] :

1. *Load Flow Analysis*, untuk sistem sederhana maupun kompleks dengan 1-,2-, dan 3-fasa AC dan atau DC.
2. *Short-Circuit Analysis*, untuk jaringan AC yang bertautan dan campuran 1-, 2-, dan 3-fase
3. *Load Flow Sensitivities for voltage*

Low Voltage Network Analysis

Contingency Analysis

Quasi-Dynamic simulation,

Network Reduction

Protection Analysis

Arc Flash Hazard Analysis

Cable Analysis,

Power Quality and Harmonics Analysis

2. Connection Request Assessment

2.14.2 Analisis Koordinasi Proteksi

Software DIGSILENT yang selama ini digunakan untuk studi aliran daya dan hubung singkat, juga menyediakan fasilitas fungsi proteksi yang diantaranya dapat menampilkan diagram koordinasi waktu dan jangkauan setting relay jarak (*Time-Distance Diagram*). Pada *software* DIGSILENT, nilai jangkauan rele jarak yang dimasukkan adalah nilai *setting* (nilai sekunder). Selain itu, pada saat memasukkan data akan membentuk data base CT (*Current Transformer*), VT (*Voltage Transformer*), dan data rele proteksi beserta data *setting*nya secara otomatis [26].

PowerFactory memungkinkan pengguna untuk menentukan skema proteksi dengan mengintegrasikan perangkat proteksi ke dalam sistem yang ditentukan oleh model jaringan proyek. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk membantu koordinasi perangkat proteksi dan untuk menghasilkan representasi grafis dari karakteristik sistem proteksi. Pada *relay library* berisi model rele generik dan rele khusus dari pabrikan. Ini tersedia pada *library* DIGSILENT, di folder "*Protection Devices*". Berikut merupakan jenis plot yang didukung oleh *PowerFactory* [26]:

Current vs time plots (Plot arus berlebih waktu)

Distance vs time plots (Diagram jarak waktu)

Impedance plots (Diagram R-X)

Differential plots

Selain itu, *PowerFactory* memungkinkan pembuatan *single line diagram* proteksi untuk visualisasi lokasi perangkat proteksi dalam jaringan. *PowerFactory* juga dapat membantu untuk koordinasi proteksi jarak secara otomatis dengan konfigurasi yang sesuai *setting* untuk skema proteksi jarak [26].



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode deskriptif. Penelitian kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang spesifikasinya meliputi suatu struktur yang sistematis, terencana, jelas dan tepat. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran tentang objek penelitian melalui data atau sampel yang dikumpulkan tanpa rekayasa. Metode deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan objek penelitian atau hasil penelitian.

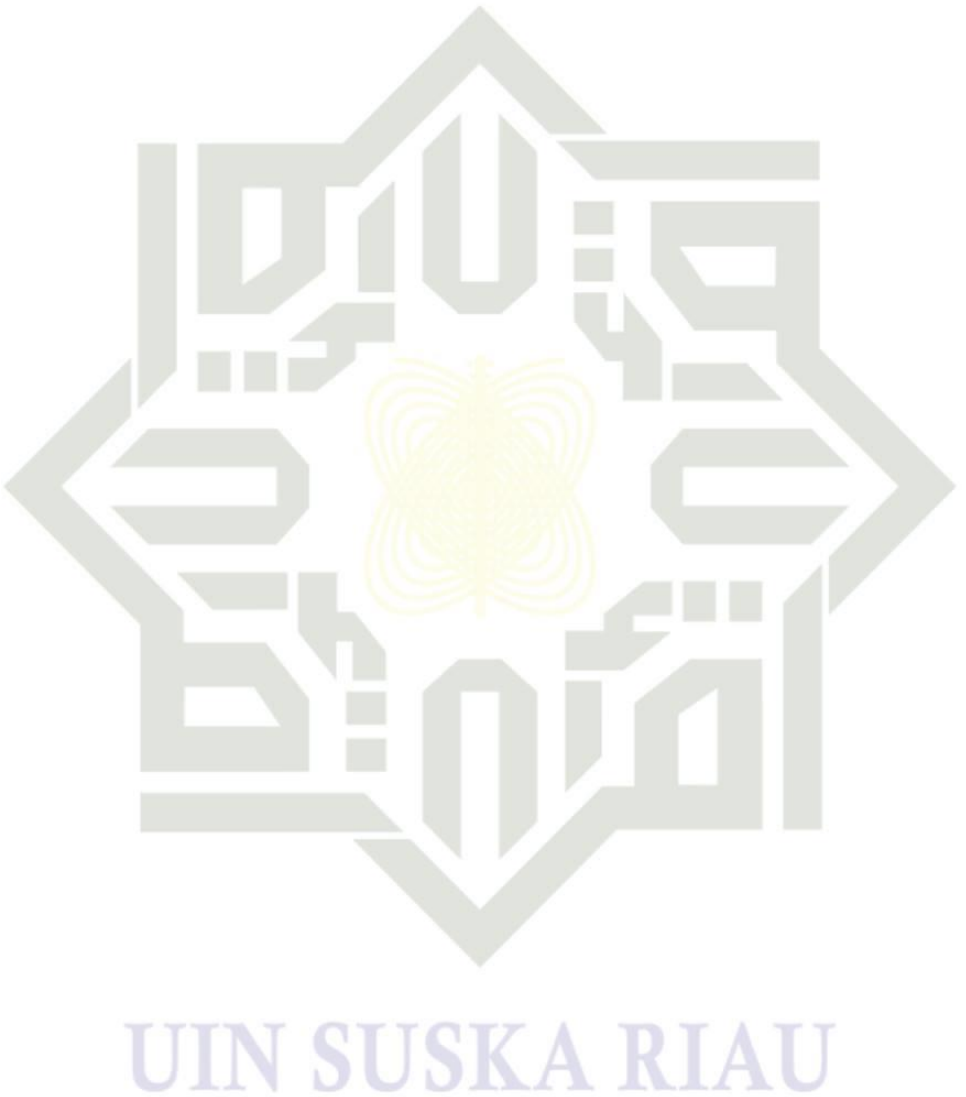
Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) ULTG Teluk Lembu Gardu Induk Garuda Sakti terletak di Jl. Siak II (Air Hitam) Km. 11 Garuda Sakti, Kelurahan Labuh Baru Barat, Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Gardu Induk Garuda Sakti (GIGS) memiliki 4 unit transformator, dan 2 unit kapasitor. Penghantar GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut mendapatkan suplai daya listrik dari Transformator Daya Unit 1 Gardu Induk Garuda Sakti dengan kapasitas 60 MVA. Adapun alasan pemilihan lokasi adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Herick Yusra selaku Supervisor Gardu Induk Garuda Sakti yaitu pada gardu induk garuda sakti ke gardu induk balai pungut telah mengalami enam kasus gangguan yang menyebabkan terjadinya *reclose* dan trip dalam kurun waktu 12 bulan.
2. Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Balai Pungut mempunyai jaringan sistem yang sangat panjang dengan panjang kurang lebih sekitar 77,11 kms.
3. Penghantar yang ada pada Gardu Induk Garuda Sakti terdapat 6 bay penghantar yaitu meliputi Koto Panjang, Bangkinang, Teluk Lembu 1, Teluk Lembu 2, Balai Pungut, New Garuda Sakti.

3.3 Tahapan penelitian

Penelitian ini diawali dengan proses studi literatur, diantaranya, identifikasi masalah, menentukan masalah, dan meninjau penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Kemudian, melakukan observasi terkait objek penelitian. Pada

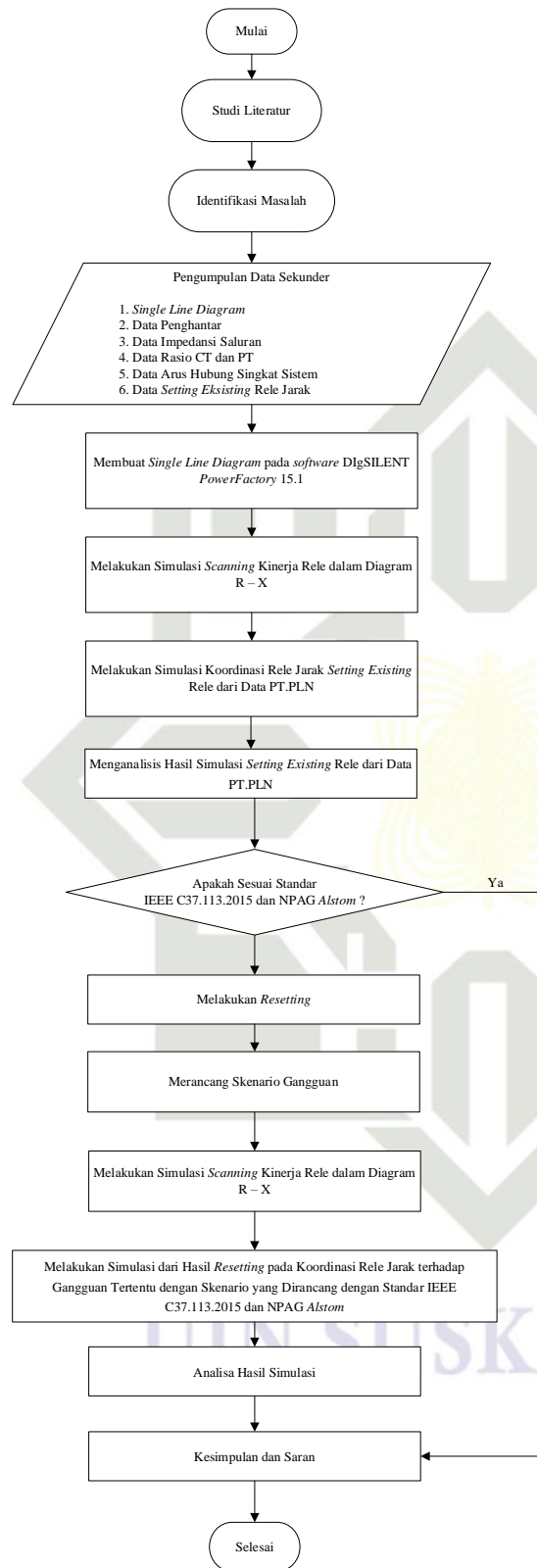


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Studi Literatur

Dalam studi literatur melakukan pengumpulan sejumlah sumber referensi, terkait jurnal penelitian sebelumnya dan buku. Pada jurnal terkait akan dilakukan analisa mengenai teori yang dipakai dan metode apa yang diterapkan. Sedangkan pada buku akan diambil teori pendukung dalam penelitian.

Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini terdiri dari langkah-langkah dalam melakukan penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah *setting* proteksi *distance relay* pada penghantar 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Balai Pungut sesuai standar atau tidak.

2. Membuat Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui kinerja rele dalam mengamankan jaringan dengan tepat dan akurat agar setiap rele proteksi dapat bekerja melokalisir gangguan dengan cepat pada daerah yang diaman kan oleh rele yang terganggu akibat adanya gangguan.

3. Menentukan Judul

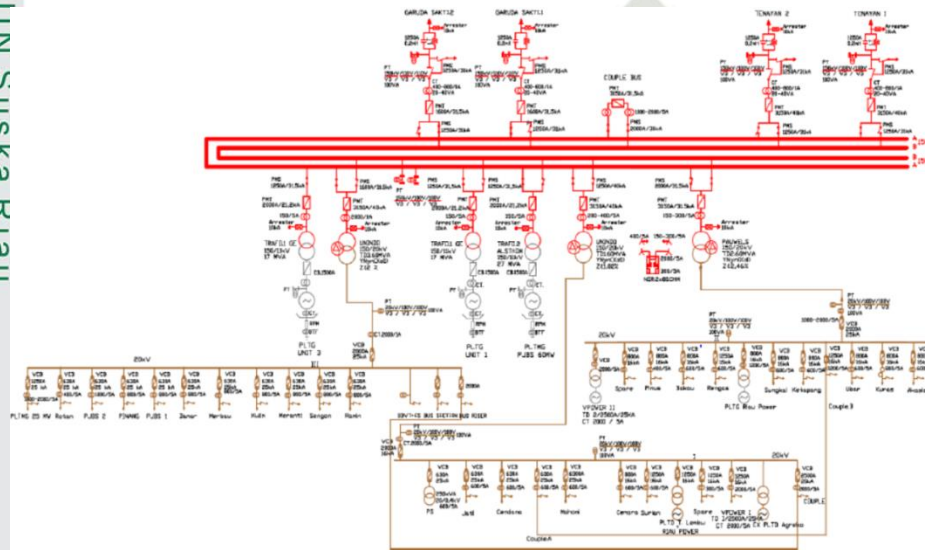
Sebagai kerangka dasar berfikir dalam suatu penelitian untuk menggambarkan penelitian secara garis besar, maka perlu direpresentasikan kedalam suatu judul. Berdasarkan permasalahan dan tujuan maka peneliti menetapkan judul “**Analisis Scanning Setting Proteksi Distance Relay pada Penghantar 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti Ke Gardu Induk Balai Pungut**”.

3.6 Pengumpulan Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder milik PT.PLN (PERSERO) Unit Penyaluran Transmisi (UPT) Pekanbaru dan pihak Gardu Induk Garuda Sakti. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian adalah *single line diagram*, data impedansi saluran, data penghantar, data rasio CT dan PT, dan data *setting existing distance relay* . Rincian data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Single line diagram (SLD) GI Garuda Sakti

Single Line Diagram (SLD) di atas merupakan milik PT.PLN Persero UPT Pekanbaru Gardu Induk Garuda Sakti. Gambar SLD di atas merupakan gambaran keseluruhan rangkaian dan konfigurasi jaringan Gardu Induk Garuda Sakti. Data ini diperlukan sebagai acuan dalam membuat rangkaian dan konfigurasi jaringan pada *software* DigSILENT PowerFactory 15.1. Single line diagram GI Garuda Sakti ini dapat dilihat gambar 3.2.



Gambar 3.2 Single Line Diagram GI Garuda Sakti

Data Penghantar

Data penghantar yang diambil dan data dibutuhkan pada penelitian ini adalah berupa jumlah sirkuit pada penghantar, merk, type, model number berdasarkan pada data penghantar 150 kV yang dimiliki Gardu Induk Garuda Sakti. Data spesifikasi penghantar Gardu Induk Garuda Sakti terdapat 6 bay penghantar yaitu Koto Panjang, Bangkinang, Teluk Lembu 1, Teluk Lembu 2, Balai Pungut, New Garuda Sakti ini dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Data Penghantar

NO	UPT	TEG	ULTG	GI	BAY	LINE (jumlah sirkuit)	STATUS 0=tdk operasi 1=operasi	MERK	TYPE	MODEL NUMBER
1	PKU	150kV	TELUK LEMBU	GARUDA SAKTI	KOTOPANJANG	1	1	GE	D60	D60N03HKHF
2	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	BANGKINANG	1	1	GE	D60	D60N03HKHF
3	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	1	1	SCHNEIDER	P442	P44221AB6M
4	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	2	1	SCHNEIDER	P442	P44221AB6M
5	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	BALAI PUNGUT	1	1	AREVA	P442	P44221B3M
6	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	NEW GARUDA SAKTI	1	1	ALSTOM	P442	P44231BB6M

Data Impedansi Saluran

Data impedansi saluran yang diambil adalah berupa jenis/tipe konduktor, kapasitas arus *Current Carrying Capacity* (CCC), panjang saluran, impedansi saluran udara tegangan 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Data Impedansi Saluran

SUTT 150 kV	Tipe Konduktor	Kapasitas Arus (CCC)	Panjang Saluran	Impedansi Saluran (Z)
Garuda Sakti – Koto Panjang	HAWK 2 x 240mm ²	280 A	64,01 km	0,137 + j0,3966 ohm
Garuda Sakti – Balai Pungut	ACCC Amsterdam 360 mm ²	1386 A	77,11 km	0,0761+ j0,220 ohm
Garuda Sakti – Teluk Lembu	HAWK 2 x 240mm ²	280 A	19,98 km	0,137 + j0,3966 ohm
Garuda Sakti – Bangkinang	ZEBRA 2 x 484,5 mm ²	1620 A	46,35 km	0,0387 + j0,2807 ohm

Data CT dan PT

Data CT (*Current Transformator*) dan PT (*Potential Transformator*) yang diambil meliputi dari data rasio CT (*Current Transformator*) dan data rasio PT (*Potential Transformator*) Gardu Induk Garuda Sakti dengan 6 arah bay penghantar yaitu Koto Panjang, Bangkinang, Teluk Lembu 1, Teluk Lembu 2, Balai Pungut, New Garuda Sakti ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Rasio CT dan Rasio PT

NO	UPT	TEG	ULTG	GI	BAY	RASIO CT			RASIO PT		
						Primer	/	Sekunder	Primer	/	Sekunder
1	PKU	150kV	TELUK LEMBU	GARUDA SAKTI	KOTOPANJANG	1250		5	150000		110
2	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	BANGKINANG	2000		1	150000		110
3	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	1200		1	150000		110
4	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	1200		1	150000		110
5	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	BALAI PUNGUT	1600		5	150000		110
6	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	NEW GARUDA SAKTI	1600		5	150000		110

Tabel 3.4 Data Arus Hubung Singkat Sistem

Data arus hubung singkat sistem yang diambil berupa arus hubung singkat tiga fasa yang diambil berdasarkan data milik GI Garuda Sakti.

Tabel 3.4 Data Arus Hubung Singkat Grid 150 kV

DATA ARUS HUBUNG SINGKAT UPT PEKANBARU								
Gardu Induk	Isc (Amp)		Positive Seq. (pu)		Negative Seq. (pu)		Zero Seq. (pu)	
	1phs	3phs	R1	X1	R2	X2	Ro	Xo
Garuda Sakti	18358	15947	0.00386	0.02562	0.00431	0.02626	0.00171	0.0144
Teluk Lembu	16053	14557	0.00422	0.02795	0.0047	0.02872	0.00239	0.01892
Bangkinang	7171	7739	0.00957	0.05205	0.00995	0.05276	0.00986	0.06151
Koto Panjang	10254	9862	0.0072	0.04077	0.00759	0.04162	0.00285	0.03418
Duri	7456	7449	0.01215	0.05628	0.01267	0.05581	0.00889	0.0552
Dumai	5120	4835	0.0201	0.08698	0.02058	0.08654	0.00675	0.06986
Bagan Batu	4546	4695	0.02645	0.08765	0.02671	0.0875	0.01362	0.09543
Kota Pinang	4697	4822	0.02693	0.08525	0.02714	0.08524	0.01448	0.09089
Balai Pungut	11943	10266	0.00598	0.04089	0.00663	0.04033	0.00115	0.0235
Tenayan	18789	16127	0.00326	0.02543	0.00374	0.02617	0.00129	0.01342
Pasir Putih	14390	15915	0.0038	0.02569	0.00425	0.02634	0.00194	0.01516
Pangkalan Kerinci	8190	9737	0.00747	0.04199	0.00784	0.04255	0.01065	0.06471
Perawang	14301	13130	0.00413	0.03131	0.00459	0.03195	0.00238	0.02200
New Garuda Sakti	14110	13905	0.00429	0.02955	0.00473	0.03009	0.00489	0.02701
Pasir Pangaraian	2655	2450	0.04119	0.16344	0.04158	0.16417	0.00935	0.12111
Bagan Siapi-api	2820	3060	0.03429	0.1378	0.03477	0.13735	0.02505	0.17814
KID	3780	3644	0.02803	0.1152	0.0285	0.11475	0.01097	0.09977
WINA	3764	3631	0.02814	0.11562	0.02862	0.11517	0.01101	0.10034
Siak	4413	5051	0.01271	0.08131	0.01318	0.08194	0.01936	0.11566
PLTGU RIAU	18992	16235	0.00324	0.02527	0.00372	0.02597	0.00114	0.01315

Pada Tabel 3.4 diatas terlihat data yang dibutuhkan berupa nilai arus hubung singkat, reaktansi (X) dan resistansi (R). Data yang dibutuhkan milik gardu induk garuda sakti dan milik gardu induk balai pungut. Untuk data reaktansi dan resistansi dibutuhkan data urutan, yaitu urutan positif, negatif dan urutan nol.

Tabel 3.5 Data Setting Existing Distance Relay

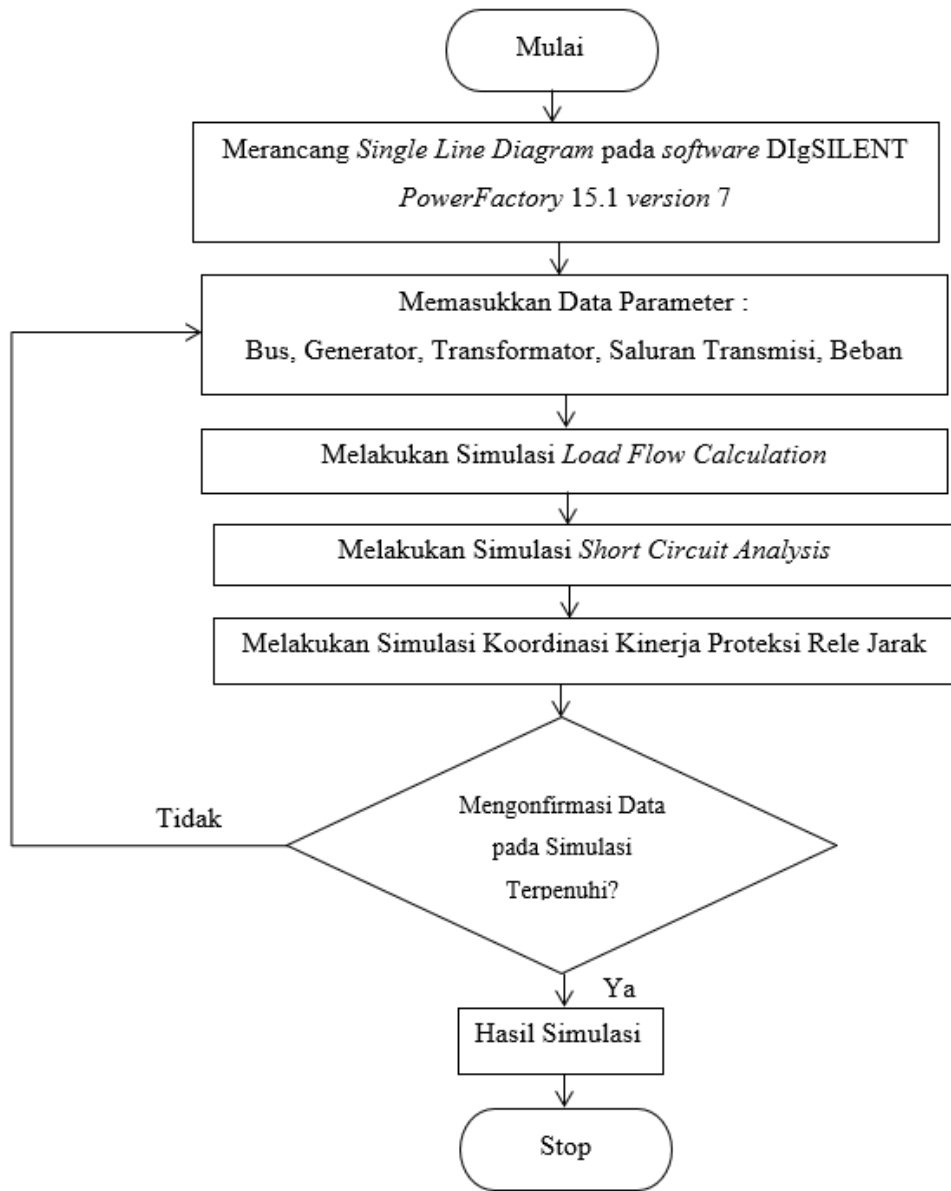
Data yang dibutuhkan adalah berupa data milik PT.PLN Persero UPT Pekanbaru Gardu Induk Garuda Sakti yang meliputi data *setting* rele jarak zona 1, zona 2, dan zona 3 dengan *setting* waktu rele ini dapat dilihat pada tabel 3.5.

Table 3.5 Data Setting Existing Rele Jarak

NO	UPT	TEG	ULTG	GI	BAY	SETTING IMPEDANSI					
						Z1 <atau> X1	tZ1	Z2 <atau> X2	tZ2	Z3 <atau> X3	tZ3
1	PKU	150kV	TELUK LEMBU	GARUDA SAKTI	KOTOPANJANG	3.82	0	5.73	0.4	6.25	1.2
2	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	BANGKINANG	22.1	0	33.1	0.4	39.6	1.2
3	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	5.877	0	8.816	0.4	17.632	1.2
4	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	5.877	0	8.816	0.4	17.632	1.2
5	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	BALAI PUNGUT	5.924	0	8.886	0.4	11.552	1.2
6	PKU	150kV		GARUDA SAKTI	NEW GARUDA SAKTI	1.58	0	1.83	0.4	2.67	1.2

3.7 Simulasi DIgSILENT PowerFactory 15.1

Dalam simulasi menggunakan DIgSILENT PowerFactory 15.1 tahap awal yang dilakukan adalah input data jaringan sesuai dengan data sekunder dari pihak PLN. Kemudian dalam simulasi ini dilakukan simulasi setting rele jarak yang didapatkan dari data PT.PLN. Adapun analisis yang dilakukan pada simulasi ini adalah analisis proteksi, analisis aliran daya, analisis koordinasi *setting distance relay*, dan analisis gangguan hubung singkat. Sebagai rincian dalam simulasi ini peneliti menjabarkan tahapannya sebagai berikut :



Gambar 3.3 Tahapan Simulasi Koordinasi Rele Jarak Menggunakan DIgSILENT PowerFactory 15.1

3.7.1 Input Data

1. Merancang *Single Line Diagram* Gardu Induk Garuda Sakti

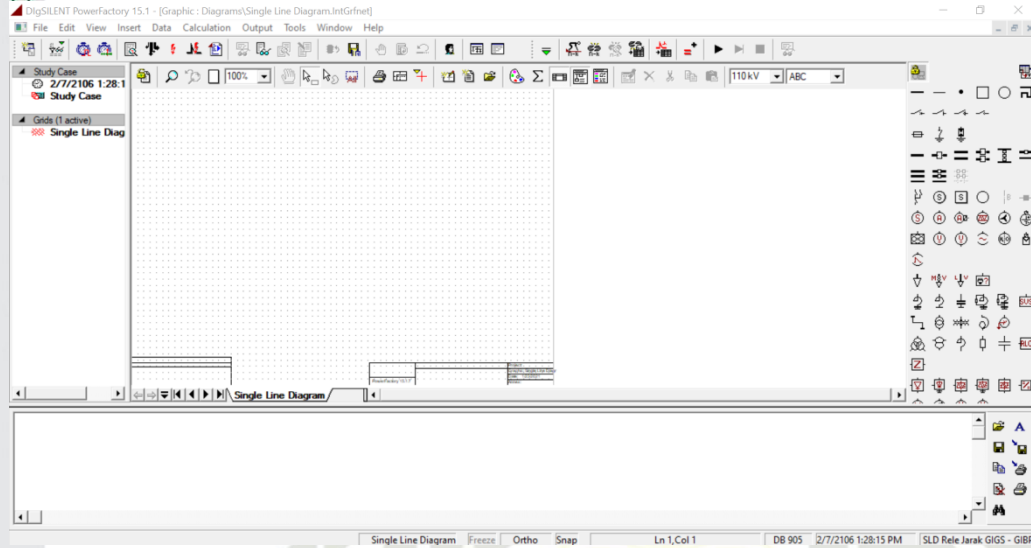
Untuk melakukan simulasi aliran daya pada sistem tenaga listrik, maka diperlukan sebuah *single line diagram* sistem tenaga listrik tersebut. Gambar *single line diagram* Gardu

Diilindungi Undang-Undang

1. Induk Garuda Sakti yang telah didapatkan selanjutnya akan di rancang ke dalam lembar *project* DIGSILENT PowerFactory 15.1.

- a. Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencari dan menyebutkan sumber.
- b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.4 Tampilan Lembar *Project* DIGSILENT PowerFactory 15.1.

Dalam merancang *single line diagram* diperlukan data-data untuk mengisi parameter yang digunakan dalam *single line diagram*. Data-data tersebut berupa :

1. Generator

Data generator yang dimasukkan dalam *single line diagram* yaitu sebagai berikut :

- a. ID Generator
- b. Data *rating* daya (MW) Generator
- c. Daya mampu (MW) Generator

2. Transformator

Data transformator yang dimasukkan dalam *single line diagram* yaitu sebagai berikut :

- a. ID Transformator
- b. *Rating* MVA Transformator
- c. *Rating* kV primer dan kV sekunder Transformator
- d. Impedansi (%Z), Reaktansi dan Resistansi (X/R).

3. Data Saluran Transmisi

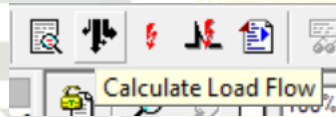
- a. ID Saluran Transmisi
- b. Panjang saluran transmisi (Km)
- c. Impedansi (Z+)

Beban (*Lumped Load*)

- Rating* MVA, MW beban
- Power Factor* (PF) beban
- Load type* (100% statis). Pemilihan tipe beban statis karena beban sistem dianggap 100% digunakan oleh rumah tangga.

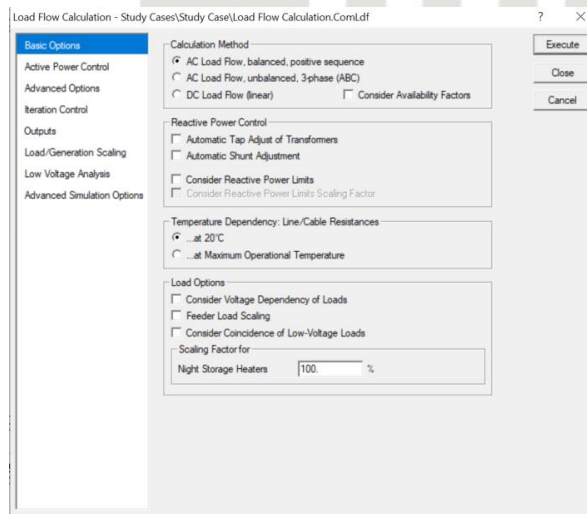
3.7.2. Simulasi Aliran Daya

Analisis aliran daya dilakukan pada kondisi *setting* normal sebelum adanya terjadi gangguan. Analisis aliran daya bertujuan untuk mengetahui besarnya daya dalam sistem tenaga listrik apakah masih memenuhi batas-batas yang telah ditentukan untuk menyalurkan daya yang diinginkan, pembebanan pada transformator, arus beban dan tegangan setiap bus. Dalam menentukan *load flow calculation*, dapat dilakukan dengan cara memilih sub menu *load flow analysis* (gambar 3.5) pada DigSILENT PowerFactory 15.1, Didalam menu *load flow calculation* kita dapat menentukan metode aliran daya yang akan digunakan dan batasan standar operasi sistem.



Gambar 3.5 Menu *Load Flow Calculation* pada DigSILENT PowerFactory 15.1

Menu pada simulasi aliran daya masing-masing memiliki fungsi yang berbeda-beda, adapun fungsi menu dijelaskan berikut ini:



Gambar 3.6 Menentukan *Calculation Method* pada Menu *Load Flow Calculation*



Di gSILENT *PowerFactory* 15.1 menawarkan berbagai metode *Load Flow Calculation*, termasuk *Calculation Method* yang terdiri dari:

AC *Load Flow, balanced, positive sequence*: melakukan kalkulasi aliran beban untuk satu fasa, representasi jaringan urutan positif, berlaku untuk jaringan simetris yang seimbang. Representasi yang seimbang objek yang tidak seimbang digunakan.

AC *Load Flow, unbalanced, 3 Phase (ABC)*: melakukan kalkulasi aliran beban untuk jaringan multi fasa. Ini dapat digunakan untuk menganalisis ketidakseimbangan sistem 3 fasa, misalnya dikarenakan oleh beban tidak seimbang atau jalur *non-transpose*, atau untuk menganalisis semua jenis teknologi sistem yang tidak seimbang, seperti sistem fasa tunggal atau dua fasa (dengan atau tanpa pengembalian netral).

3. DC *Load Flow (linear)*: melakukan aliran beban DC berdasarkan sekumpulan persamaan linier, dimana tegangannya sudut bus sangat terkait dengan aliran daya aktif melalui reaktansi individu komponen.

Setelah *Load Flow Calculation* berhasil dilaksanakan, hasil dari load flow calculation akan menunjukkan warna hijau yang artinya single line diagram tersebut memiliki simulasi yang valid. Hasil simulasi akan dianalisis, apakah *setting* pada proteksi rele jarak masih dalam toleransi yang diizinkan yaitu 80 % dari kemampuannya.

3.7.3 Simulasi Gangguan Hubung Singkat

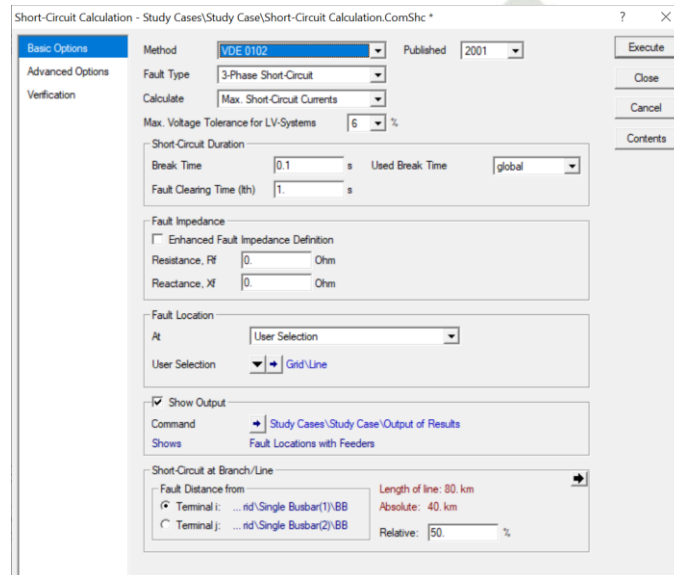
Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui besar arus hubung singkat yang dapat terjadi pada tiap jenis gangguan hubung singkat. Simulasi ini melakukan variasi persentase gangguan pada panjang saluran. Tujuannya untuk mengetahui kontribusi proteksi rele jarak terhadap besar arus hubung singkat. Jenis hubung singkat yang diberikan adalah gangguan 3 fasa dan gangguan antar fasa pada lokasi 30% dan 50% dari panjang saluran. Adapun simulasi ini terdiri dari beberapa langkah diantaranya sebagai berikut:

1. Menentukan jenis gangguan hubung singkat pada menu *Fault Type*, yaitu seperti dibawah ini :
 - a. 3-Phase Short-Circuit
 - b. 2-Phase Short-Circuit
 - c. Single Phase to Ground
 - d. 2-Phase to Ground
 - e. 1-Phase to Neutral

- f. 1-Phase Neutral to Ground
- g. 2-Phase to Neutral
- h. 2-Phase Neutral to Ground
- i. 3-Phase to Neutral
- j. 1-Phase Neutral to Ground
- k. 3-Phase Short-Circuit (unbalanced)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.7 Menentukan Jenis Hubung Singkat

2. Mengetahui besarnya arus hubung singkat

Pada tahapan ini, dapat dilihat pada gambar 3.7 pada menu *Short Circuit at Branch/Line* untuk memberikan gangguan pada lokasi 30% dan 50% dari panjang saluran dengan jarak terdekat dan terjauh pada saluran. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya arus hubung singkat maksimal (0% dari panjang saluran penghantar) dan minimal (100% panjang saluran penghantar).

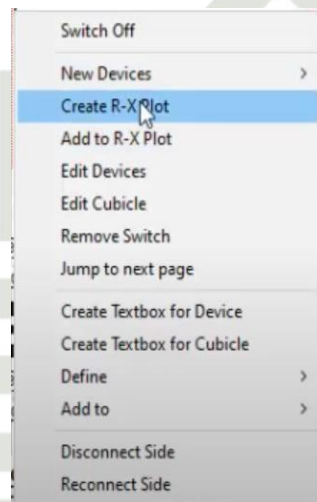
Setelah diketahui besar arus hubung singkat, maka dapat dianalisis apakah pemutus tenaga (PMT) mampu memutus arus hubung singkat. Pemutus tenaga akan bekerja dengan baik apabila memiliki *setting* diatas arus hubung singkat.

3.7.4 Simulasi Koordinasi Kinerja Relai

Setelah memberikan gangguan hubung singkat, maka tahapan terakhir adalah analisis kinerja koordinasi rele. Analisis kinerja rele dilakukan dengan memberikan gangguan hubung singkat dan didapatkan data hasil simulasi berupa diagram r-x. Diagram r-x yang

1. merepresentasikan kinerja koordinasi rele saat terjadi gangguan yaitu menunjukkan zona jangkauan rele dan waktu trip rele. Dalam simulasi ini juga dilakukan variasi gangguan hubung singkat. Jika terdapat relai yang bekerja diluar daerah pengamanannya, maka sistem terindikasi *trip*. Adapun tahapan simulasi ini adalah sebagai berikut :

Menentukan bentuk kurva diagram R-X dengan cara klik kanan pada rele, lalu akan muncul menu seperti gambar 3.8 dan meng-klik *Create R-X Plot* maka akan muncul Kurva diagram R-X

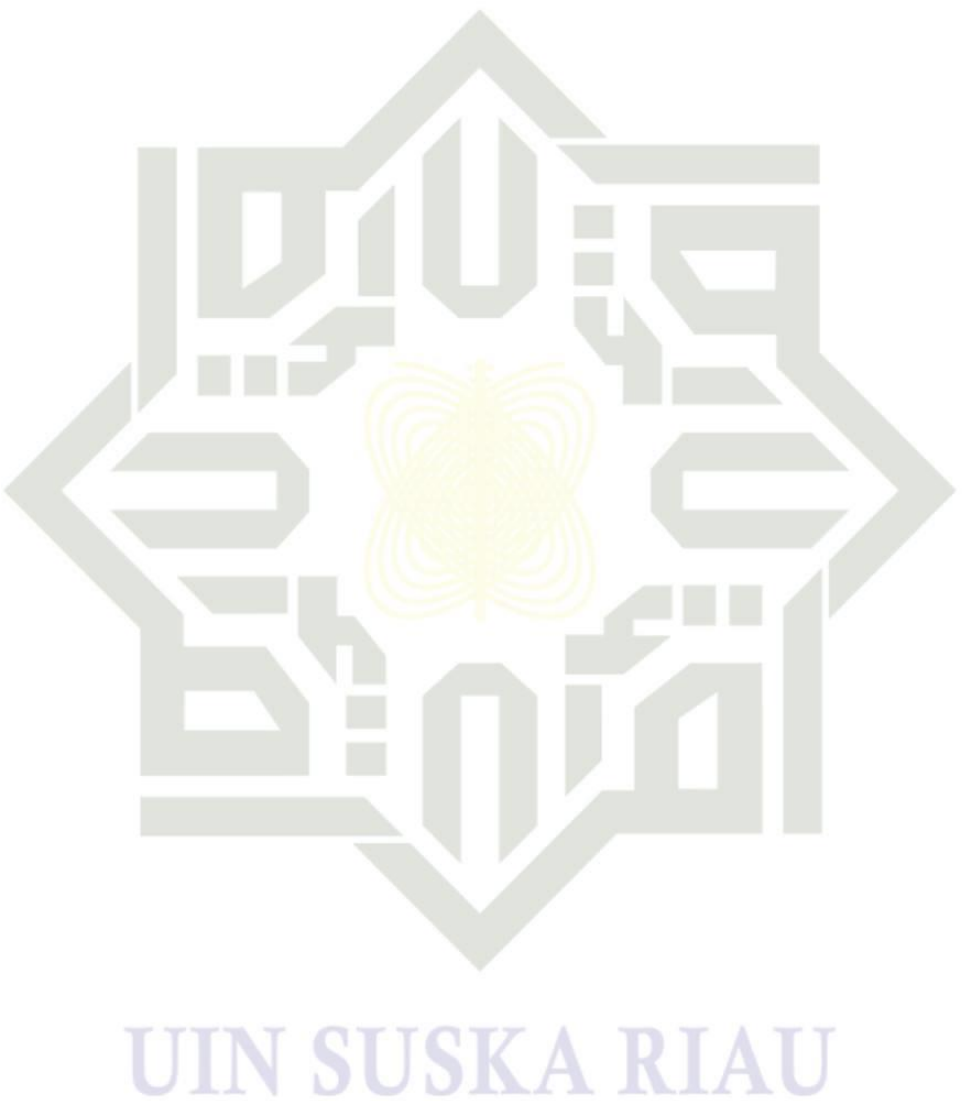


Gambar 3.8 Menentukan bentuk kurva diagram R-X

2. Analisis kinerja rele jarak (*Distance Relay*) dengan memberikan gangguan 3 fasa dan anar fasa . Gangguan ini diberikan gangguan pada lokasi 30% dan 50% dari panjang saluran pada titik terdekat dan titik terjauh dalam satu *section* tiap zona secara bersamaan.
3. Menganalisis kinerja rele jarak (*Distance Relay*), apakah terdapat rele merespon saat terjadi gangguan di pada setiap zona. Jika iya, maka *setting* rele jarak sudah sesuai dengan standart.

3.8 Analisa Hasil

Analisa hasil simulasi *scanning* koordinasi rele jarak yang direpresentasikan ke dalam diagram R – X dalam berbagai macam gangguan yaitu, apakah data *setting exsisting* impedansi setiap zona yang termasuk dalam zona rele jarak yang telah ditetapkan oleh PT.PLN (Persero) pada saluran transmisi 150 kV GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut sudah sesuai dengan standar IEEE C37.113.2015 dan NPAG *Alstom*. Jika nilai jangkauan *exsisting* banyak yang belum



ciptanya milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Dilindungi Undang-Undang

1. a. memenuhi standar, maka perlu dilakukan *resetting* agar nilai jangkauan rele jarak dapat memenuhi standar.
- b. Penelitian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Setting impedansi dari data *setting eksisting* PT.PLN (Persero) UPT Pekanbaru Gardu Induk Garuda Sakti didapatkan nilai jangkauan pada rele jarak Garuda Sakti-Balai Pungut zona 1 sebesar 71,03 %, Nilai jangkauan pada rele jarak Balai Pungut-Garuda Sakti zona 1 sebesar 79,77 %. sedangkan menurut standar IEEE jangkauan zona 1 adalah sebesar 85%-90% sehingga perlu dilakukan *resetting*.

Pada kinerja rele jarak garuda sakti ke arah balai pungut yang didapat dari data *setting eksisting* dengan hasil *scanning* dapat dilihat pada diagram r-x disimulasikan gangguan hubung singkat tiga fasa dengan lokasi anomali sebesar 30% – 50%. Gangguan yang terjadi pada zona 1 rele jarak garuda sakti-balai pungut memiliki waktu tunda 0,02s . Pada kinerja rele jarak balai pungut-garuda sakti zona 1 dengan waktu tunda selama 0,032s.

Nilai jangkauan zona 2 dan zona 3 Garuda Sakti-Balai Pungut dan Balai Pungut-Garuda Sakti sudah sesuai dengan referensi standar, tetapi pada zona 1 belum sesuai dengan referensi standar. Maka dilakukan *resetting* dengan hasil *resetting* dan perhitungan ulang untuk memenuhi standar menghasilkan nilai jangkauan zona 1 dari 71,03% menjadi sebesar 85,2% pada rele Garuda Sakti-Balai Pungut dan nilai jangkauan zona 1 dari 79,77 menjadi sebesar 85,77% pada rele Balai Pungut-Garuda Sakti.

Kinerja rele jarak kondisi *resetting* dan merancang skenario gangguan dengan skenario 1 panjang saluran Garuda Sakti – Balai Pungut dan skenario 2 Balai Pungut – Garuda Sakti disimulasikan pada 30% - 50% dari total panjang saluran yaitu 77,11 km. Dalam mendeteksi berbagai macam gangguan pada skenario 1 diisolir dalam waktu 0,02s. Skenario 2 setelah *resetting* diisolir dalam waktu 0,044s.

Hasil Cipta Dilindungi Undang-Undang

5.5. Saran

Adapun saran dari tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

Pihak PLN dapat menggunakan tugas akhir ini sebagai masukan dalam langkah antisipasi kemungkinan seringnya terjadi gangguan pada saluran transmisi 150 kV agar keandalan sistem tenaga listrik Riau tetap terjaga dengan baik.

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan perubahan konfigurasi jaringan yang mungkin terjadi.





DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S. P. Hia, J. Windarta, and M. Facta, "Analisis Setting dan Koordinasi Rele Jarak Pada Saluran 150 kV Tanjung Jati-Kudus," *Transient J. Ilm. Tek. Univ. Diponegoro*, 2017.
- [2] A. Pradonggo, A. Atmam, and U. Situmeang, "STUDI PERENCANAAN SETTING RELE PROTEKSI PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV PADA GARDU INDUK (GI) PASIR PUTIH PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAYANAN TRANSMISI PEKANBARU," *J. Tek. UNILAK*, vol. Vol.5, no. No.2, pp. 73–80, 2017.
- [3] A. S. Sampeallo, N. Nursalim, and M. A. S. Sagho, "EVALUASI PENYETELAN RELE JARAK PADA JARINGAN TRANSMISI 70 kV BOLOK–MAULAFAMENGGUNAKAN DIGSILENT 15.1. 7," *Media Elektro*, 2020.
- [4] Sepannur Bandri, "Studi Settingan Distance Relay Pada Saluran Transmisi 150 kV Di GI Payakumbuh Menggunakan Software Matlab," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. Vol : 5, no. 2252, pp. 108–112, 2016.
- [5] M. O. Siahaan, "STUDI PERHITUNGAN SETTING RELAY JARAK PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV GARDU INDUK TANJUNG MORAWA," *Repos. UHN*, pp. 1–27, 2019.
- [6] L. Andreansyah, G. Gunawan, and B. Sukoco, "Analisis Relai Jarak Sebagai Proteksi Pada Jaringan Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Gardu Induk Randu Garut–Weleri," *J. Unissula*, 2020.
- [7] Q. Z. Mu'tashim, "Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 kV Jajar Ke Gardu Induk 150 kV Banyudono," *E-Jurnal Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2017.
- [8] A. Qolbiah, "Agnia Qolbiah, 2017 ANALISIS KOORDINASI RELAI JARAK PADA PENGHANTAR SISTEM TRANSMISI 150 KV GARDU INDUK CIGERELENG," *Repos. Univ. Pendidik. Indones.*, pp. 1–4, 2017.
- [9] M. Sanusi, "Analisa proteksi rele jarak pada saluran udarategangan tinggi 150 kv gardu induk rembang baru ke gardu induk pati universitas muhammadiyah surakarta," *E-Jurnal Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2017.
- [10] K. T. Nugraha, S. Handoko, and A. Nugroho, "ANALISIS KOORDINASI SETTING RELE JARAK PADA GI 150 KV KUDUS-JEKULO-PATI SECARA DUA ARAH," *TRANSIENT*, 2018, doi: 10.14710/transient.7.1.83-91.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis atau tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- [11] G. A. Prasetya and W. Sunanda, "Studi Analisis Relai Jarak Jaringan Transmisi 150 kV Sungailiat-Air Anyir-Pangkalpinang," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga ...*, 2020.
- [12] A. R. Priambodo, T. Sukmadi, and M. Facta, "ANALISIS SETTING DAN KOORDINASI RELE JARAK SALURAN 150 KV UNGARAN – KRAPYAK – SRONDOL," *TRANSIENT*, 2018, doi: 10.14710/transient.7.1.223-229.
- [13] H. Asman, H. Eteruddin, and . A., "ANALISIS PROTEKSI RELE JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV GARUDA SAKTI – PASIR PUTIH MENGGUNAKAN PSCAD," *SainETIn*, 2018, doi: 10.31849/sainetin.v2i1.1672.
- [14] PT PLN (Persero) P3B Sumatera, "Evaluasi Operasi Tahun 2020," *Pekanbaru, Indones.*, 2021.
- [15] P. T. PLN, J. T. B. MI, and K. BARU, "Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar," *Jakarta PT. PLN*, 2014.
- [16] IEEE, *IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines - IEEE Standard*. 2016.
- [17] T. Wijaksono, S. Handoko, and ..., "ANALISIS SETTING DAN KOORDINASI RELE JARAK DAN RELE ARUS LEBIH PADA GI 150KV CILEGON BARU-SERANG-CIKANDE DAN ARAH SEBALIKNYA," *Transient J. Ilm. ...*, 2018.
- [18] W. S. Galuh Adjie Prasetya, "Studi Analisis Relai Jarak Jaringan Transmisi 150 kV Sungailiat - Air Anyir - Pangkalpinang," *J. Ilm. Setrum*, vol. 9, no. 1, pp. 84–91, 2020.
- [19] M. Kiruthika and S. Bindu, "Performance analysis of a distance relay for zone identification," 2018, doi: 10.1109/ICPEICES.2018.8897426.
- [20] R. A. Wahyuningsih, A. B. Muljono, and S. Supriyatna, "Proteksi Rele Jarak (Distance Relay) Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (Sutt) 150 Kv Sistem Kelistrikan Lombok," *Dielektrika*, 2020.
- [21] W. Prasetyo, M. N. Chanif, and I. Fadlika, "Distance Relay Protection System Planning on Malang 150 kV Transmission Network Reconfiguration," *Front. Energy Syst. ...*, 2020.
- [22] F. Ferdous and Ruma, "Zone Protection System of Transmission Line by Distance Relay using Matlab/Simulink," *2018 Int. Conf. Adv. Electr. Electron. Eng. ICAEEE 2018*, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/ICAEEE.2018.8642978.
- [23] S. S. Wibowo, "Analisa Sistem Tenaga," 1st ed., Malang: POLINEMA PRESS, 2018.
- [24] R. Masri and I. H. Rosma, "STUDI PENYETELAN RELAI JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV MENGGUNAKAN SOFTWARE DIGSILENT," vol. 5, pp. 1–5, 2018.

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang. Sebagian atau seluruh karya ini tidak dapat dipertanggungjawabkan oleh penulis. Penulis karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



[25] Densyaf Dwipa, “PROTEKSI GANGGUAN SEMENTARA PADA PENYULANG DI GARDU INDUK TALANG KELAPA PT PLN (PERSERO) WS2JB,” *E-Jurnal Politek. Negeri Sriwij.*, 2015.

[26] DIgSILENT, “MODUL DIgSILENT PowerFactory - User Manual,” p. 1269, 2019.

Hak Cipta melindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN A

SURAT IZIN PENELITIAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCES AND TECHNOLOGY

Jl. HR. Soebrantas KM. 18 No. 155 Tuahmadani Tampan - Pekanbaru 28129 Po. Box. 1004 Telp. (0761) 589026 – 589027
 Fax. (0761) 589 025 Web. www.uin-suska.ac.id E-mail :faste@uin-suska.ac.id

Nomor : Un.04/F.V/PP.00.9/ 776 /2021
 Sifat : Penting
 Hal : Mohon Izin Penelitian dan Pengambilan
 Data Tugas Akhir/Skripsi

Pekanbaru, 25 Januari 2021

Kepada Yth.
 Pimpinan PT.PLN (Persero) UPT Pekanbaru
 Gardu Induk Garuda Sakti
 Jl. Siak II Air Hitam Km.11, Garuda Sakti
 Pekanbaru

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat, sehubungan telah dimulainya mata kuliah Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau, Kami bermaksud mengirimkan mahasiswa :

Nama : Nadhira Benedicta
 NIM : 11755201245
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Program Studi /Smt : Teknik Elektro / VII (Tujuh)
 No. HP / E-mail : 081295263649 / nadhirabenedicta93@gmail.com

untuk melakukan penelitian dan pengambilan data yang sangat dibutuhkan dalam Tugas Akhir yang berjudul **"Scanning Setting Proteksi Distance Relay Pada Penghantar 150 Kv Gardu Induk Garuda Sakti Ke Gardu Induk Balai Pungut"**

Kami mohon kiranya Saudara berkenan memberikan izin dan fasilitas demi kelancaran Tugas Akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Demikian surat ini Kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama Saudara Kami ucapkan terimakasih.

Wassalam,
 Dekan,



Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.
 NIP.19660604 199203 1 004

Tembusan:
 Yth. Rektor UIN Suska Riau.



LAMPIRAN B

HASIL WAWANCARA

B.1 Tabel Hasil Wawancara 1 Studi Pendahuluan

Hari/Tanggal : Selasa / 26 Januari 2021

Pukul/Tempat : 10.00 WIB / Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Gardu Induk Garuda Sakti

No.	Peneliti	Narasumber
1.	Apakah analisis <i>scanning setting</i> proteksi <i>distance relay</i> ini sangat penting dilakukan pak?	Analisis <i>scanning setting</i> proteksi <i>distance relay</i> ini penting dan berguna untuk dilakukan untuk mengevaluasi optimalisasi koordinasi <i>setting</i> rele jarak (<i>Distance Relay</i>) dari gangguan yang mungkin terjadi pada saluran transmisi.
2.	Gangguan apa yang sering terjadi pak?	Gangguan yang sering terjadi pada saluran transmisi biasanya gangguan yang diakibatkan oleh petir, gangguan ini bisa terjadi di zona mana saja dengan menyambar satu atau dua sirkit sekaligus. Dari pengalaman yang terjadi seperti gangguan itu maka sangat penting dan diperlukan peranan sistem proteksi pada rele jarak agar gangguan tersebut tidak menyebabkan gangguan menjadi meluas ke bagian yang tidak terkena gangguan,
3.	Sejauh ini apakah ada upaya PLN untuk mengatasi masalah ini pak?	sejauh ini upaya upaya yang telah dilakukan PT. PLN UPT Pekanbaru terhadap <i>setting</i> proteksi rele jarak jika terjadi gangguan pada saluran transmisi, sudah disiapkan



	mitigasinya berupa <i>setting</i> rele jarak yang ada dengan menggunakan standar SPLN No. 15 tahun 2014
--	---

Pekanbaru, 1 Februari 2021

Hormat Saya,

Nadhira Benedicta

Mahasiswi UIN SUSKA RIAU

Mengetahui,

Ramlond Anggito Panggabean

Manager ULTG Teluk Lembu



UIN SUSKA RIAU

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



B.2 Tabel Hasil Wawancara 2 Studi Pendahuluan

Hari/Tanggal : Kamis / 28 Januari 2021

Pukul/Tempat : 10.00 WIB / Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Gardu Induk Garuda Sakti

No.	Peneliti	Narasumber
1.	GI mana saja yang sering mengalami gangguan pak?	Dalam kurun waktu 12 bulan, dari GI Pasir Putih, GI Teluk Lembu, GI Duri, GI Dumai. GI yang sering mengalami gangguan yaitu GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut.
2.	Sudah berapa kasus gangguan yang terjadi pada GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut pak?	Dalam kurun waktu 12 bulan, GI yang sering mengalami gangguan yaitu GI Garuda Sakti ke GI Balai Pungut yang sudah memiliki enam kasus gangguan, sedangkan GI Pasir Putih hanya memiliki dua kasus gangguan.

Pekanbaru, 1 Februari 2021

Hormat Saya,

Nadhira Benedicta

Mahasiswi UIN SUSKA RIAU

Mengetahui,

Herick Yusra

Supervisor Gardu Induk Garuda Sakti

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Mengetahui,

Herick Yusra

Supervisor Gardu Induk Garuda Sakti

UIN SUSKA RIAU



Hak C
1. Dila
a. F
b. F
2. Dila

© H

LAMPIRAN C

DATA PENGHANTAR

NO	GI	BAY	MERK	TYPE	MODEL NUMBER	NO.SERI
1	GARUDA SAKTI	KOTOPANJANG	GE	D60	D60N03HKHF8LH6PM6PP6CUXXWXX	AABC10001368
2	GARUDA SAKTI	BANGKINANG	GE	D60	D60N03HKHF8LH6PM6PP6CUXXWXX	AABC10001369
3	GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	SCHNEIDER	P442	P44221AB6M0558K	36146059 / 01 / 12
4	GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	SCHNEIDER	P442	P44221AB6M0558K	36146057 / 01 / 12
5	GARUDA SAKTI	BALAI PUNGUT	AREVA	P442	P442212B3M0300J	2785874 / 10 / 07
6	GARUDA SAKTI	NEW GARUDA SAKTI	ALSTOM	P442	P44231BB6M0360J	31753408/05/11

No	Section	Towers	Line Length	Old Conductor	New Conductor
1	Bukit Asam - Lahat	138	89.4	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
2	Kota Bumi - Bukit Kemuning	101	68.6	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
3	Langsa - Pangkalan Brandan	236	156	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
4	Pagelaran - Tegineneng	118	77	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
5	Natar - Sutami	82	52.8	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
6	Balai Pungut - Garuda Sakti	247	160.6	ACSR - Hawk	ACCC - Amsterdam
7	Balai Pungut - Duri	126	84	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
8	Baturaja - Bukit Kemuning	192	197	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
9	Borang - Seduduk Putih	50	26	ACSR 120/25	ACCC - Helsinki
10	Dumai - Duri	165	111.6	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
11	Baturaja - Bukit Asam	226	145.48	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
12	Binjai - Payageli	38	27.4	ACSR - Hawk	ACCC - Lisbon
	Total Tower and Line Length	1,719	1,195.88		

atu masalah.

Kasim Riau



LAMPIRAN D

IMPEDANSI SALURAN

Type	Size (mm ²)	Resistance Values (Ω/km)	Current Carrying Capacity * (A)	Inductive Reactance at 50 Hz for 1 feet radius (Ω/km)	Capacitive Reactance at 50 Hz for 1 feet radius (MΩ.km)
		DC @ 20°C			
Helsinki	160	0.1861	775	0.246	0.210
Copenhagen	220	0.1279	986	0.236	0.201
Lisbon	310	0.0896	1,250	0.225	0.191
Amsterdam	360	0.0769	1,386	0.220	0.186
Brussels	415	0.0673	1,515	0.216	0.183
Stockholm	460	0.0612	1,616	0.213	0.180
Warsaw	510	0.0556	1,723	0.210	0.177
Dublin	520	0.0541	1,756	0.209	0.176
Hamburg	550	0.0517	1,806	0.208	0.175

anpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:



1. Dilarang
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN E

DATA RASIO CT DAN PT

NO	GI	BAY	JARAK (km)	ZL Primer	RASIO CT			RASIO PT		
					Primer	/	Sekunder	Primer	/	Sekunder
1	GARUDA SAKTI	KOTOPANJANG	64,01	26,44817428	1250		5	150000		110
2	GARUDA SAKTI	BANGKINANG	46,35	19,15127133	2000		1	150000		110
3	GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	19,98	8,348718188	1200		1	150000		110
4	GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	19,98	8,348718188	1200		1	150000		110
5	GARUDA SAKTI	BALAIPUNGUT	77,11	31,55562667	1600		5	150000		110
6	GARUDA SAKTI	NEW GARUDA SAKTI	14,54	1,27	1600		5	150000		110



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*Digsilent 15 Januari 2021

Gardu Induk	Isc (Amp)		Positive Seq. (pu)		Negative Seq. (pu)		Zero Seq. (pu)	
	1phs	3phs	R1	X1	R2	X2	Ro	Xo
Garuda Sakti	18358	15947	0.00386	0.02562	0.00431	0.02626	0.00171	0.0144
Teluk Lembu	16053	14557	0.00422	0.02795	0.0047	0.02872	0.00239	0.01892
Bangkinang	7171	7739	0.00957	0.05205	0.00995	0.05276	0.00986	0.06151
Koto Panjang	10254	9862	0.0072	0.04077	0.00759	0.04162	0.00285	0.03418
Duri	7456	7449	0.01215	0.05628	0.01267	0.05581	0.00889	0.0552
Dumai	5120	4835	0.0201	0.08698	0.02058	0.08654	0.00675	0.06986
Bagan Batu	4546	4695	0.02645	0.08765	0.02671	0.0875	0.01362	0.09543
Kota Pinang	4697	4822	0.02693	0.08525	0.02714	0.08524	0.01448	0.09089
Balai Pungut	11943	10266	0.00598	0.04089	0.00663	0.04033	0.00115	0.0235
Tenayan	18789	16127	0.00326	0.02543	0.00374	0.02617	0.00129	0.01342
Pasir Putih	14390	15915	0.0038	0.02569	0.00425	0.02634	0.00194	0.01516
Pangkalan Kerinci	8190	9737	0.00747	0.04199	0.00784	0.04255	0.01065	0.06471
Perawang	14301	13130	0.00413	0.03131	0.00459	0.03195	0.00238	0.02200
New Garuda Sakti	14110	13905	0.00429	0.02955	0.00473	0.03009	0.00489	0.02701
Pasir Pangaralan	2655	2450	0.04119	0.16344	0.04158	0.16417	0.00935	0.12111
Bagan Siapi-api	2820	3060	0.03429	0.1378	0.03477	0.13735	0.02505	0.17814
KID	3780	3644	0.02803	0.1152	0.0285	0.11475	0.01097	0.09977
WINA	3764	3631	0.02814	0.11562	0.02862	0.11517	0.01101	0.10034
Siak	4413	5051	0.01271	0.08131	0.01318	0.08194	0.01936	0.11566
PLTGU RIAU	18992	16235	0.00324	0.02527	0.00372	0.02597	0.00114	0.01315

a mencantumkan dan menyebutkan sumber:





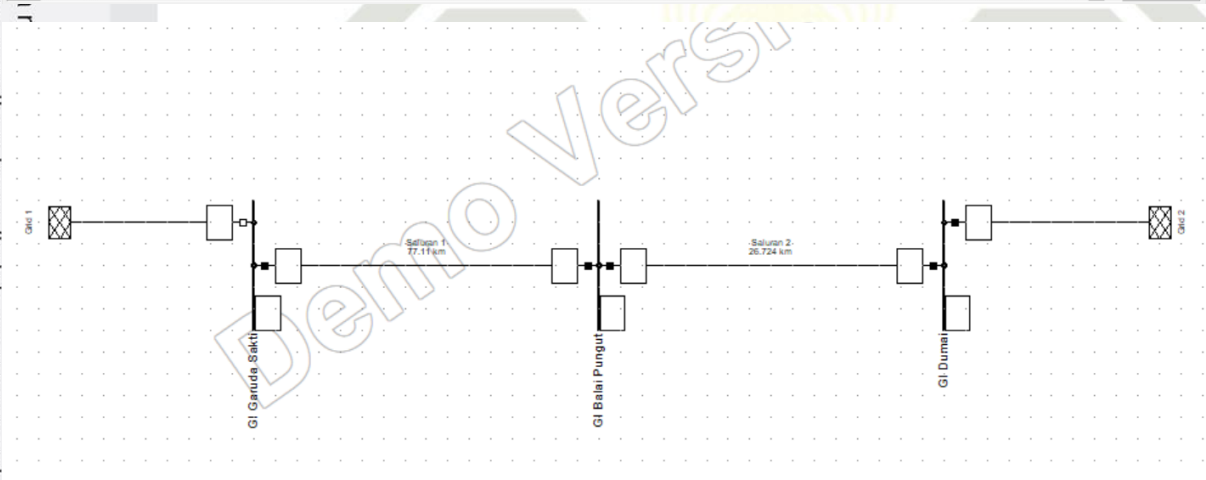
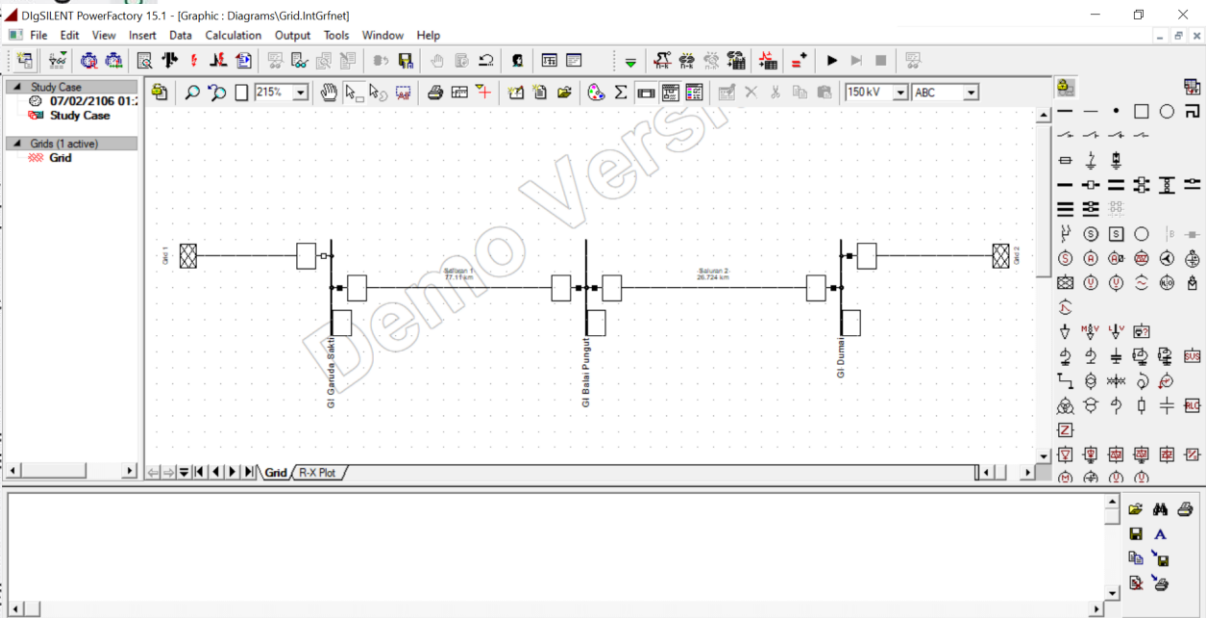
LAMPIRAN G

DATA SETTING EXISTING RELE JARAK

NO	GI	BAY	SETTING IMPEDANSI					
			Z1 <atau> X1	tZ1	Z2 <atau> X2	tZ2	Z3 <atau> X3	tZ3
1	GARUDA SAKTI	KOTOPANJANG	3,82	0	5,73	0,4	6,25	1,2
2	GARUDA SAKTI	BANGKINANG	22,1	0	33,1	0,4	39,6	1,2
3	GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	5,877	0	8,816	0,4	17,632	1,2
4	GARUDA SAKTI	TELUK LEMBU	5,877	0	8,816	0,4	17,632	1,2
5	GARUDA SAKTI	BALAI PUNGUT	5,924	0	8,886	0,4	11,552	1,2
6	GARUDA SAKTI	NEW GARUDA SAKTI	1,58	0	1,83	0,4	2,67	1,2

LAMPIRAN H

RANGKAIAN SIMULASI RELE JARAK PADA DIGSILENT 15.1



UIN SUSKA RIAU



BIOGRAFI PENULIS

Nadhira Benedicta dilahirkan di Kota Pekanbaru - Riau, pada 08 Oktober 1999. Anak kedua dari kembar tiga bersaudara yang merupakan putri dari pasangan Bapak Benny Hendra A.Md dan Ibu Nurlianti, yang beralamat di Jl.Swakarya VII Perumahan Hawitra Garden Kav.18 RT.002/RW.005, Kelurahan Tuah Karya, Kecamatan Tampan, Pekanbaru-Riau. Jenjang pendidikan dimulai di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Sibolga 2004 - 2005, kemudian melanjutkan pendidikan ke sekolah dasar SDN Duri Kosambi 10 Pagi Jakarta Barat dan tamat pada tahun 2011, lalu setelah itu melanjutkan ke jenjang Pendidikan selanjutnya di SMP Negeri 8 Pekanbaru dan tamat pada tahun 2014, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMA Negeri 4 Pekanbaru pada tahun 2014 dan tamat pada tahun 2017. Setelah lulus dari SMA Negeri 4 Pekanbaru kemudian melanjutkan pendidikan perkuliahan di UIN SUSKA RIAU pada Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Energi. Pada tanggal 08 Juli 2021 dinyatakan lulus dengan judul Tugas Akhir “**Analisis Scanning Setting Proteksi Distance Relay Pada Penghantar 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti Ke Gardu Induk Balai Pungut**” dan berhak menyandang gelar Sarjana Teknik melalui sidang tertutup Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.



1. D. Hak
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.